



Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences
Agronomiques



Mouloud MAMMERI
(1917 - 04th Yenni, Kabylie 1989)
Ecrivain, anthropologue et ethnologue
berbère d'Algérie

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des Plantes Cultivées

Sujet :

**Etude de l'activité insecticide de l'huile
essentielle du pin maritime (*Pinus pinaster L.*) sur la
bruche du haricot commun *Acanthoscelides obtectus*
Say 1830 (Coleoptera : Chrysomelidae : Bruchinae)**

Présenté par :

M^{elle} SADLI Karima

Soutenu devant le jury :

Présidente
Promotrice
Examinatrice

Mme CHAOUCHI-TALMAT N.
Mme GOUCEM-KHELFANE K.
Mme BENOUFELLA-KITOUS K.

MCCA UMMTO
MCCA UMMTO
MCCA UMMTO

Promotion : 2016 /2017

Remerciements

Ce travail à été réalisé au sein de l'équipe du laboratoire au niveau du Laboratoire d'Ecologie des Invertébrés Terrestres de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, sous la direction de M^{me} MEDJDOUB-BENSAAD F., Professeur à L'U.M.M.TO.

Nous tenons à remercier M^{me} GOUCEM-KHELFANE K., Maitre de conférences Classe A à l'UMMTO, pour honneur qu'elle nous a fait en acceptant de diriger ce travail, pour sa disponibilité et pour l'attention qu'elle a porté à ce travail. Ses nombreux conseils et sa confiance ont été pour nous un solide repère. Nous avons pris un grand plaisir de travailler avec elle.

Nous tenons à remercier vivement M^{me} CHAOUCHI-TALMAT N., Maitre de Conférences Classe A à l'UMMTO, d'avoir accepté avec une grande amabilité de siéger parmi notre jury.

Nos remerciements s'adressent également à M^{me} BENOUFELLA-KITOUS K., Maitre de Conférences Classe A à l'UMMTO, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie très sincèrement M^{elle} GUERMAH D. d'avoir eu la patience de répondre à nos innombrables questions et M^f MEZANI S. pour son aide pour l'analyse statistique des données.

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde reconnaissance à l'équipe du laboratoire qui nous a permis de réaliser ce mémoire dans les meilleures conditions, grâce à leur disponibilité et leur expérience. Nous les remercions de nous avoir fait confiance. Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de notre respectueuse gratitude.

Que tous les enseignants ayant contribué à notre formation trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

DEDICACES

Tout d'abord je remercie le bon dieu de m'avoir donné la santé pour réaliser ce travail. La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je dédie ce travail à mes chers parents, en témoignage de l'amour, du respect et de ma profonde et éternelle gratitude que je leur porte en ma reconnaissance pour leur sacrifices et leur soutien, je ne les remercierai jamais assez, pour tout ce qu'ils ont fait pour moi.

A mes très chers frères : Yacine et Amar à qui je souhaite succès, bonheur et santé.

A mon adorable sœur Yasmina à qui je souhaite beaucoup de succès et de bonheur.

A toute ma famille Paternelle et Maternelle.

A ma belle famille.

A mon très cher fiancé, en reconnaissance de son soutien permanent, ses encouragements et ses conseils ont été pour moi un solide réconfort dans tous les moments.

Sommaire

Liste des tableaux**Liste des figures****Sommaire****Introduction générale** 1**Chapitre I : Présentation de la plante hôte**

1. Introduction	3
2. Position systématique	3
3. Origine historique et répartition géographique	3
4. Diversité variétale	4
4.1. La variabilité intra spécifique	4
4.2. La variabilité interspécifique	5
5. Condition de culture du haricot	5
6. Les caractères morphologiques et botaniques du haricot	6
6.1. Les racines	6
6.2. Les feuilles	6
6.3. Les fleurs	6
6.4. Les gousses	7
6.5. Les graine	7
7. La valeur nutritionnelle	8
8. Intérêt agro économique	10
8.1. Importance agronomique	10
8.2. Importance économique du haricot	11
9. Maladies et ennemis ravageurs de <i>Phaseolus vulgaris</i>	13

Chapitre II : Présentation de la bruche de haricot

1. Généralités sur les insectes phytophages	16
2. Présentation de la famille des Bruchidae	16
3. Caractéristiques de la bruche du haricot <i>Acanthoscelides obtectus</i>	18
3.1. Position systématique	18
3.2. Origine et Répartition géographique	18

3.3. Description des différents états et stades de développement d' <i>A. obtectus</i>	19
4. Biologie d' <i>Acanthoscelides obtectus</i>	23
4.1. L'accouplement	23
4.2. La ponte	23
4.3. Cycle de développement	24
4.4. La longévité	25
5. Infestation des graines et dégâts et pertes causées par la bruche du haricot	25
6. La lutte biologique contre <i>A. obtectus</i>	28
6.1. La lutte par les ennemis naturels d' <i>A. obtectus</i>	28
6.2. Lutte par les plants aromatiques	28
6.2.1. Définition de l'huile essentielle	28
6.2.2. Caractéristiques et composition chimique des huiles essentielles	29
6.2.3. Action des huiles essentielles	30
6.2.4. Effets physiques et physiologiques des huiles essentielles	31
7. Production des huiles essentielles	32

Chapitre III : Matériels et méthodes

1. Matériels	33
1.1. Matériel de laboratoire	33
1.2. Matériel biologique	34
1.2.1. Les bruches	34
1.2.2. Les graines de haricots	34
1.2.3. L'huile essentielle de Pin maritime	34
2. Méthodes	37
2.1. Elevage de masse	37
2.2. Effet biocide par contact	38
2.2.2. Paramètres étudiés	39
2.3. Effet biocide par répulsion	41
2.4. Effet biocide par inhalation	42
2.5. L'analyse statistique des résultats	43

Chapitre IV : Résultats et discussions

I. Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle sur <i>A. obtectus</i>	44
1. Effet par contact	44
1.1. Action sur la longévité des adultes	44
1.2. Action sur la fécondité des femelles d' <i>A. obtectus</i>	47
1.3. Action sur l'éclosion des œufs	49
1.4. Action sur l'émergence des adultes	50
1.5. Action sur la perte en poids des graines	52
1.6. Action sur la faculté germinative des graines	54
2. Effet par répulsion	56
3. Effet par inhalation	58
Conclusion	61

Références bibliographiques**Annexe**

Liste des tableaux

Tableau 1. Valeur nutritionnelle moyenne de 100g et valeur énergétique (Kcal /100g) des graines de <i>P. vulgaris</i> (ANONYME, 1995).	9
Tableau 2. Le profil nutritionnel du haricot commun (pour 100g) (FAO, 2016).	10
Tableau 3. Surface cultivée, rendement et production du haricot sec en Algérie entre 2000 et 2011 (FAO, 2013).	12
Tableau 4. Surface cultivée, rendement et production de haricot sec dans les wilayates productives d'Algérie pour l'année 2007 (ITGC, 2008 <i>in</i> GOUCEM-KHELFANE, 2014).	13
Tableau 5. Les principales maladies du haricot (NYABYENDA, 2005).	14
Tableau 6. Les principaux ravageurs qui attaquent le haricot (NYABYENDA, 2005).	15
Tableau 7. Quelques huiles essentielles, organe d'extraction et leurs effets insecticides (SINGH et TAYLOR, 1978 ; DON- PEDRO, 1985).	31
Tableau 8. Activités de quelques monoterpènes des huiles essentielles sur <i>Acanthoscelides obtectus</i> (REGNAULT-ROGER et <i>al.</i> , 2002).	31
Tableau 9. Composition chimique de l'huiles essentielle de <i>P. pinaster</i> après analyse chromatographique en phase gazeuse.	37
Tableau 10. Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc DONALD et <i>al.</i> (1970).	42
Tableau 11. Nombre moyen de bruches recensées dans les parties traitées et non traitées et le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle pin maritime.	57

Liste des figures

Figure 1. Morphologie de <i>Phaseolus vulgaris</i> (ORIGINALE, 2017).	8
Figure 2. Œufs d' <i>Acanthoscelides obtectus</i> (G : 2X10) (ORIGINALE, 2017).	19
Figure 3. Différents stades larvaires chez <i>A. obtectus</i> observés sous loupe binoculaire (G : 2X10). A : larve L ₁ ; B : larve L ₂ ; C : larve L ₃ ; D: larve L ₄ (ORIGINALE, 2017).	20
Figure 4. Différents stades de nymphose chez <i>A. obtectus</i> (G : 2x 10) (ORIGINALE, 2017).	21
Figure 5. Adulte d' <i>A. obtectus</i> . A : Vue dorsale ; B : Vue ventrale. (G : 2 x 10) (ORIGINALE, 2017).	22
Figure 6. Dimorphisme sexuel chez <i>A. obtectus</i> (G : 2 x 10) (ORIGINALE, 2017).	22
Figure 7. L'accouplement chez <i>A. obtectus</i> (G : x5) (ORIGINALE, 2017).	23
Figure 8. Ovipositeur de la femelle d' <i>A. obtectus</i> (G : 2 x 10) (ORIGINALE, 2017).	24
Figure 9. Cycle de vie d' <i>A. obtectus</i> sur les graines du haricot dans les conditions de laboratoire (HAMDANI, 2012).	26
Figure 10. Les dégâts causés par la bruche du haricot. A : Graines saines de haricot avant contamination <i>A. obtectus</i> ; B: trous d'émergence des adultes d' <i>A. obtectus</i> sur graines du haricot ; C : grain d'haricot complètement broyé par les larves d' <i>A. obtectus</i> (ORIGINALE, 2017).	27
Figure 11. Matériels de laboratoire utilisés dans les différents bio- essais (ORIGINALE, 2017).	34
Figure 12. L'arbre de pin maritime (ORIGINALE, 2017).	35
Figure 13. Huile essentielle de pin maritime (ORIGINALE, 2017).	36
Figure 14. Elevage de masse de la bruche du haricot dans des bocaux en plastiques (ORIGINALE, 2017).	38
Figure 15. Test par contact de l'huiles essentielle de pin maritime à différentes doses (x dose = 1, 6, 12 et 18ul par 25g) contre <i>A. obtectus</i> et leur témoins (ORIGINALE, 2017).	39
Figure 16. Test de germination des graines de haricot traitées par contact a l'huile essentielle de pin maritime et les témoins contre <i>Acanthoscelide sobtectus</i> (ORIGINALE, 2017).	40
Figure 17. Test de répulsion de l'huile essentielle des pins maritime à différentes doses à l'égard d' <i>A. obtectus</i> (ORIGINALE, 2017).	42
Figure 18. Test d'inhalation effectué sur les adultes d' <i>A. obtectus</i> traités par différentes doses de l'huile essentielle de pin maritime. Xul = 4ul, 6ul, 12ul et 18ul (ORIGINALE, 2017).	43

Figure 19. Longévité moyenne en jours des adultes d' <i>A. obtectus</i> selon les différentes doses de l'huile essentielle de pin maritime utilisée par contact.	44
Figure 20. Fécondité moyenne des femelles d' <i>A. obtectus</i> selon les différentes doses de l'huile essentielle de pin maritime utilisée par contact.	47
Figure 21. Taux moyen d'éclosion des œufs d' <i>A. obtectus</i> selon les différentes doses de l'huile essentielle de pin maritime utilisées par contact.	49
Figure 22. Taux moyen d'émergence des adultes d' <i>A. obtectus</i> selon les différentes doses de l'huile essentielle pin maritime par contact.	51
Figure 23. Perte en poids (%) des graines du haricot en fonction des doses de l'huile essentielle de pin maritime utilisée par contact.	53
Figure 24. Taux de germination des graines du haricot en fonction des doses l'huile essentielle de pin maritime utilisée par contact.	55
Figure 25. Taux moyens de répulsion des adultes d' <i>A. obtectus</i> pour l'huile essentielle de pin maritime en fonction des doses.	57
Figure 26. Mortalité en (%) des adultes d' <i>A. obtectus</i> traité par l'huile essentielle pin maritime en fonction des doses et de la durée de traitement.	59

Introduction

Les graines de légumineuses jouent un rôle important dans l'alimentation de nombreuses populations d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Asie. Selon HUIGNARD et *al.* (2011), plus de 150 espèces de légumineuses sont cultivées à travers le monde. Grâce à leur teneur élevée en protéines dans la graine séchée. Elles contiennent deux à trois fois plus de protéines que les céréales et renferment les 24 acides aminés indispensables à l'alimentation humaine, ce qui peut pallier le manque de protéines animales. Outre leur valeur alimentaire, certaines légumineuses représentent une source naturelle de vitamines, d'oligo-éléments et de sels minéraux indispensables à l'organisme. Légumineuses à leur capacité de fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, les légumineuses alimentaires sont une composante essentielle des systèmes culturaux sous les tropiques (BAUDOIN, 2001 ; FRENOT et VIERLING, 2001 ; KELLOUCHE et SOLTANI, 2004).

En Algérie, la culture des Légumineuses a un intérêt national, car elle doit permettre de satisfaire les besoins alimentaires, réduire les importations et limiter la dépendance économique vis-à-vis de l'étranger (ZAGHOUANE, 1997). Malheureusement ces plantes se caractérisent très souvent par des rendements faibles et instables. Cela s'explique, en particulier, par leur sensibilité aux contraintes abiotiques (froid, chaleur et dégradation des sols) et aux contraintes biotiques (maladies et insectes ravageurs) (BAUDOIN, 2001 ; GEERTS et *al.*, 2011). En effet, le haricot est sujet à de nombreuses attaques de ravageurs et maladies qui peuvent entraîner d'importants dégâts en l'absence de moyens de lutte appropriés au champ et dans les lieux de stockage (SILUE et *al.*, 2010).

La bruche du haricot, *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae) est l'un des ravageurs les plus fréquents dans les entrepôts. C'est un insecte cosmopolite potentiellement ubiquitaire, dont les larves peuvent infester les graines de la plante hôte *Phaseolus vulgaris* L. à la fois au champ et dans les stocks. Elles infestent même d'autres Légumineuses originalement non hôtes, telles que le niébé (*Vigna unguiculata* L.) (Walp), la fève (*Vicia faba* L.) et le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) qui sont également des plantes vivrières d'importance économique pour les pays en développement (REGNAULT –ROGER et HAMRAOUI, 1997).

Les larves de cet insecte, plyvoltin dans les stocks. Elles occasionnent ainsi, des pertes totales des grains de haricots après 16 semaines de stockage (CASWELL, 1960 ; HUIGNARD et *al.*, 1986 ; HUIGNARD et *al.*, 2011 ; SCHMALE et *al.*, 2002).

Il existe plusieurs méthodes qui permettent de maintenir les populations des ravageurs à un niveau assez bas pour que les dégâts occasionnés soient économiquement tolérables (KASAMBALA et HENDRY, 1986), la méthode la plus fréquemment utilisée pour lutter

contre les bruches est la lutte chimique (LORINI, 1998 ; BALDIN et LARA, 2008) qui utilise souvent des fumigants comme le bromure de méthyle et le phosphore d'hydrogène.

De nos jours, la recherche de nouvelles méthodes de lutte à faibles répercussions écologiques est devenue une nécessité. Beaucoup de travaux de recherches se penchent aujourd'hui sur des méthodes alternatives de lutte contre ce ravageur des denrées stockées. De nombreuses investigations s'orientent vers l'utilisation des plantes aromatiques sous forme de poudres ou d'huiles essentielles. Celles-ci peuvent agir efficacement sur différents stades de développement des bruches. Leurs efficacité a pu être montrée par nombreux travaux à travers le monde, mais aussi en Algérie, (KELLOUCHE, 2005 ; BOUCHIKHI TANI, 2006 ; KELLOUCHE, 2010 ; BOUCHIKHI TANI, 2011 ; HAMDANI, 2012 et GOUCEM-KHELFANE, 2014).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail où nous nous sommes proposé d'évaluer la toxicité de l'huile essentielle extraite du pin maritime sur quelques paramètres biologiques d'*A. obtectus* notamment la longévité des adultes, la fécondité des femelles, l'éclosion des œufs, l'émergence des adultes ainsi que certains paramètres agronomiques en relation avec la plante hôte telle que la faculté germinative et la perte en poids des graines. L'activité de ces produits a été évaluée par différents essais par contact, par inhalation et par répulsion. Ces tests ont été réalisés dans les conditions de laboratoire à une température de 30°C et une humidité relative de 70%.

Après cette introduction générale, plusieurs parties sont à distinguer dans notre travail : le chapitre I présente une synthèse bibliographique sur la plante hôte (*P. vulgaris*) et le chapitre II présente l'insecte ravageur (*A. obtectus*). Le chapitre III présente le matériel utilisé dans nos expérimentations ainsi que les méthodes adoptées. Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans le chapitre IV et le travail se termine par une conclusion générale.

Présentation de la plante hôte

1. Introduction

Le haricot commun (*P. vulgaris* L.) est une plante herbacée annuelle à croissance déterminée ou indéterminée de la famille des Fabacées (Papilionacée), du genre *Phaseolus*, couramment cultivée comme légume (DIAW, 2002 ; BARGAZ, 2012). C'est une plante diploïde au nombre chromosomique de $2n=22$ et dont le cycle est de 90 à 120 jours (BAUDOIN et al., 2002 ; PERON, 2006 ; BARGAZ, 2012).

Le terme haricot désigne aussi ses parties consommées, les graines (haricot secs) ou les gousses. Le terme *Phaseolus* était utilisé par les anciens grecs puis, dans les langues romaines ; cette plante fut appelée fasiolo, fugol, fesol et fasole (GIBAULT, 1896 in HAMDANI, 2012).

Il constitue la principale légumineuse alimentaire de plus de 300 millions de personnes en Amérique latine et en Afrique centrale et de l'Est (SILUE et al., 2010) et fait partie de la chaîne trophique humaine, surtout en Amérique latine et en Afrique (SINGH, 1999).

2. Position systématique

Selon GUIGNARD (1998), la position systématique du haricot commun est la suivante :

- Règne	Végétal
- Embranchement	Spermaphytes
- Sous embranchement	Angiospermes
- Classe	Dicotylédones
- Ordre	Fabales
- Famille	Fabacées (Légumineuses)
- Genre	<i>Phaseolus</i>
- Espèce	<i>Phaseolus vulgaris</i> L

3. Origine historique et répartition géographique

A l'époque où l'Amérique fut découverte, le haricot était déjà cultivé sous des formes très diverses dans certains secteurs du nouveau monde. Le genre *Phaseolus*, comprend un nombre important de légumineuses vivrières originaires de diverses régions écologiques, depuis les tropiques semi-arides jusqu'aux tropiques humides (VANDEBORGHT et BAUDOIN, 1998). L'origine américaine du haricot n'est plus contestée (HOPQUIN, 1994 ; ANONYME, 2005 ; PERON, 2006).

Le progéniteur de l'espèce *P. vulgaris* serait une forme de *Phaseolus aboriginus*, une liane tropicale, autogame, à gousses déhiscentes et à petites graines non dormantes (HOPQUIN, 1997). Des graines sèches furent introduites et semées au XVI^e siècle en Europe puis, sa culture s'est rapidement diffusée dans les zones méditerranéennes et subtropicales (PERON, 2006).

D'après PERON (2006), *P. vulgaris* se diffusa ensuite en France. Les gousses immatures ne tardèrent pas à devenir un légume apprécié en Europe. La consommation des gousses vertes a été rendue possible grâce à une réduction considérable du parchemin, tissu constitué de fibres entrecroisées dans la paroi du fruit. Pour BOYELDIEU (1991), *P. vulgaris* serait originaire de l'Inde, et cultivé depuis des millénaires dans l'ancien Monde.

L'haricot commun est produit principalement en Amérique latine et en Afrique ; il est répandu surtout dans la zone Amazonienne du Brésil, dans les Cordillères des Andes et en Amérique centrale, tandis qu'en Afrique, il est produit principalement en Afrique centrale et Orientale (NYABYENDA, 2005).

4. Diversité variétale

La très large diffusion du haricot dans toute l'Europe et l'intérêt qu'il n'a cessé de susciter peuvent expliquer l'augmentation considérable du nombre des variétés au cours des XVIII^e et XIX^e siècles. Les travaux d'amélioration et de création variétale exploitent la variabilité intra et interspécifique.

Le genre *Phaseolus* renferme environ 55 espèces même si la distinction entre elle n'est pas toujours facile car il est probable que certaines ne soient pas des espèces à part entière (DEBOUCK, 1999 ; DIAW, 2002 ; BARGAZ, 2012).

La section *Phaseolus* du genre *Phaseolus* est la plus importante et regroupe notamment les cinq espèces cultivées : *P. acutifolius* A. Gray., *P. coccineus* L., *P. lunatus* L., *P. polyanthus* Greenm. et *P. vulgaris* L. (MARECHAL et al., 1978 ; GEPTS et al., 2008 ; BARGAZ, 2012).

4.1. La variabilité intra spécifique

A l'intérieur de l'espèce, la variabilité spécifique est très importante, se révèle par autogamie et porte sur un très grand nombre de caractères morphologiques et physiologiques tels que : la forme, la couleur des fleurs, des graines et des gousses. (CHAUX et FOURY, 1994).

4.2. La variabilité interspécifique

Les croisements interspécifiques avec les autres espèces de haricot ou de légumineuses sont difficiles à réaliser et n'ont été que peu utilisés en sélection (CHAUX et FOURY, 1994).

5. Conditions de culture du haricot

Selon NYABYENDA (2005), les régions d'où le haricot commun est originaire, sont situées entre 500 et 2000 m d'altitude avec une pluviométrie annuelle de 500 à 1800 mm.

Les haricots sont très sensibles à la gelée, ils doivent être semés lorsqu'il n'y a plus de risque de gelée meurtrière au printemps et que la température au sol est supérieure à 10°C GORDON (2002). En Afrique centrale, orientale et australe, 90% de la production est issue des zones agro-écologiques de montagne. Dans les régions tropicales humides de basse altitude, prédominantes dans cette partie de l'Afrique, on estime traditionnellement que la production de haricots n'est pas viable. Ce faisant, la culture du haricot demeure marginale dans ces régions (ANONYME, 2006).

P. vulgaris peut toutefois se cultiver à basse altitude, à condition que les températures journalières maximales ne dépassent pas 30°C, comme c'est le cas au Sahel pendant la saison sèche d'hiver. La plupart des cultivars de haricot vert sont sensibles à l'acidité du sol et à la toxicité due à l'aluminium (MESSIAEN, 1992).

N'ayant pas d'exigences particulières, le haricot est adapté à de nombreux types de sol. Les sols limoneux battants sont toutefois à éviter car ils peuvent entraver la germination. Le pH optimum se situe entre 6 et 7,5. Le haricot supporte mal la matière organique mal décomposée, l'irrigation est obligatoire. L'aspersion est la méthode la plus courante (asperseurs à faible débit) (SUAMME, 2012).

Selon DIAW (2002), le haricot préfère les sols sableux humifères et silico-argileux et craint les terres battantes, sèches et pauvres. C'est une espèce très sensible au manque d'eau, ses besoins hydriques, étant estimés à 250 mm³ de pluie pour son cycle végétatif. Une nutrition phosphatée adéquate est aussi essentielle pour une croissance vigoureuse du haricot et une bonne fixation d'azote. Mais un excès des engrais lui est défavorable, la dose létale est de 2,35g de NaCl/kg dans 1kg de sol. C'est une espèce qui a son optimum de croissance à 10000 lux à température comprise entre 20°C et 30°C.

Les plantes de haricot sont indifférentes à l'altitude, elles poussent aussi bien sur les hauts plateaux qu'au niveau des régions côtières en Algérie. Le haricot préfère les sols légèrement acides (6,5). Sa germination peut s'effectuer entre 10 et 40°C, mais son optimum se situe entre 15 et 30°C. Elle est sensible au froid car elle gèle à 0°C et la croissance s'arrête

vers 5°C. Le haricot est une plante de lumière, cultivée à l'ombre, elle s'allonge beaucoup mais ne donne pratiquement aucune récolte (HUBERT, 1978).

6. Caractères morphologiques et botaniques du haricot

C'est une plante constituée par l'assemblage de trois organes fondamentaux : la tige, les feuilles et les racines, formant ensemble l'appareil végétatif tandis que les deux organes qui sont le fruit et la fleur forment ensemble l'appareil reproducteur.

6.1. Les racines

Le haricot commun présente un système racinaire pivotant et profond qui peut descendre jusqu'à 1,20m avec plusieurs ramifications latérales et adventives (NYABYENDA, 2005).

En général, les racines ne dépassent pas les 20 premiers centimètres de profondeur. S'il y a attaque du haricot par les insectes ou les maladies radicaires, celui-ci a tendance à former des racines adventives qui lui permettent de poursuivre son développement (NYABYENDA, 2005).

Les racines présentent des renflements ou nodosités. Elles sont le siège du phénomène de nodulation par symbiose avec une bactérie du genre *Rhizobium* qui peut fixer l'azote atmosphérique et fournir de l'ammonium (GUIGNARD et DUPONT, 2004).

Selon CHAUX et FOURY (1994), la racine principale n'est pas longtemps dominante et sa croissance peut être facilement stoppée par les obstacles du sol. Les racines latérales sont nombreuses et ont un développement qui dépasse par la suite en longueur celui de la racine principale, elles sont peu inclinées et restent même souvent horizontales sur plus de 10 cm.

6.2. Les feuilles

A l'issue de la germination, épigée, deux feuilles opposées simples puis des feuilles trifoliées à folioles cordiformes se forment sur une tige angulaire (NDEYE, 2002).

Les feuilles du haricot commun sont entières, légèrement pubescentes, les deux premières feuilles sont simples alors que les suivantes sont trifoliées avec foliole lancéolée à sommet acuminé et limbe mince (Fig. 1-a). Elles sont fragiles au déchirement (CHAUX et FOURY, 1994 ; NYABEYENDA, 2005).

6.3. Les fleurs

Les fleurs sont portées en grappes axillaires et terminales (Fig. 1b). Elles sont zygomorphes composées de deux pétales en carène, deux pétales latéraux ailés et un pétale standard disposé extérieurement (CHAUX et FOURY, 1994 ; NDEYE, 2002).

Les fleurs zygomorphes sont de type papilionacé. La couleur des pétales varie du blanc au pourpre et leur teinte blanche, rose, violette ou pourpre est spécifique de chaque variété. La fécondation est généralement autogame. L'ovaire est une loge renfermant 4 à 8 ovules, surmonté par un style portant un stigmate (FATOU, 2002 ; ANONYME, 2005).

Chez le haricot, la fleur reste naturellement fermée. Exceptionnellement, certains hyménoptères (bourdons) parviennent à forcer l'obstacle de la corolle, permettant ainsi l'introduction d'un pollen étranger dans la fleur ; celle-ci n'est pas, sauf exception, visitée par les insectes (NYABYENDA, 2005).

Ces fleurs apparaissent vers le 24^{ème} et 42^{ème} jour après le semis suivant les conditions climatiques. Dans la plupart des cas, la fleur réalise une autofécondation et développe un fruit ou gousse droite ou légèrement courbé. L'autogamie est donc nettement prépondérante chez cette espèce (DIAW, 2002 ; NYABYENDA, 2005).

6.4. Les gousses

Les fruits sont des gousses déhiscentes (Fig.1-c) elles sont d'une longueur de 4 à 25 cm à deux valves et murissant 1 à 2 mois après la fécondation. Les gousses contiennent en général 4 à 10 graines. Les jeunes gousses sont vertes mais leur couleur va se modifier au cours de la maturation en fonction des variétés (rouge, rose et violet, unicolore ou panaché) (DIAW, 2002 ; NYABYENDA, 2005).

La période de remplissage des gousses peut s'étendre de 23 jours dans le cas des variétés déterminées à près de 50 jours chez les variétés indéterminées et grimpantes (DIAW, 2002)

6.5. Les graine

La graine du haricot est du type ex albuminé, elle a la forme de rein et porte sur le côté concave une cicatrice ou hile qui représente la région où s'attachait au fruit (CHAUX et FOURY, 1994). Les graines sont réniformes, arrondies, ovales, plus, au moins allongée de section circulaire ou plus au moins aplaties selon les variétés (Fig.1d). Le tégument peut être noir, blanc ou revêtu de différentes nuances de jaune, brun, rouge, ou rose selon les variétés (LAUMONNIER, 1979 ; CHAUX et FOURY, 1994).

Les graines sont riches en protéines (22%) et en glucides (56%) (BEWLEY et BLACK, 1994 ; NDEYE, 2002 ; BROUGHTON, 2003).



a- Les feuilles



b- Les fleurs



c- Les gousses



d- Les graines

Figure 1. Morphologie de *Phaseolus vulgaris* (ORIGINALE, 2017)

7. La valeur nutritionnelle

Les légumineuses sont une composante essentielle de l'alimentation humaine depuis des siècles. Mais leur valeur nutritive est généralement mal connue et leur consommation n'est pas appréciée à sa juste valeur. Les légumineuses jouent un rôle crucial dans une alimentation saine et équilibrée, dans la production alimentaire durable et avant tout dans la sécurité alimentaire (BAHRI, 2016).

La valeur alimentaire des graines de Légumineuses dépende de leur composition chimique et principalement de la teneur et de la qualité de leur protéine brute (DEMOL, 2002).

Les haricots secs ont une faible teneur en gras, ne contiennent pas de cholestérol et sont une excellente source de fibres solubles, leur teneur en lysine est relativement importante et améliore la qualité alimentaire des céréales au niveau des protéines, mais sont par contre déficientes en méthionine, trouvée en quantité soluble (GORDON, 2000 ; IBRAHIMA, 2006).

De plus, certaines recherches médicales ont démontré que les haricots aident à réduire, la cholestérolémie et pourraient aussi aider à régulariser la glycémie chez les diabétiques (GORDON, 2000).

Le haricot joue un grand rôle dans la couverture des besoins alimentaires en protéines pour les populations des pays en voie de développement et compense le manque des sources de protéines animales pour une grande partie de la population. Le haricot blanc comme tous les légumes secs est l'aliment d'origine végétale le plus riche en protéines. Les protéines végétales présentent un intérêt important : elles sont dépourvues de graisses et contribuent donc largement à la prévention cardio-vasculaire et contre l'obésité. Très riche en fibres comme toutes les légumineuses, le haricot commun est aussi intéressant pour sa teneur en fer, en calcium, en magnésium, en phosphore et en vitamine B9 (NYABYANDA, 2005).

Selon HUIGNARD et *al.* (2011), la teneur des haricots en amidon leur donne une valeur énergétique nette et élevée, proche de celle du blé. La présente les valeurs nutritionnelles et énergétiques du haricot (tab1).

Tableau1. Valeur nutritionnelle moyenne de 100g et valeur énergétique (Kcal /100g) des graines de *P. vulgaris* (ANONYME, 1995).

	Haricot blanc sec	Haricot blanc cuit	Haricot blanc appertisé
Energie	265Kcal	102 Kcal	94 Kcal
Protéines	21,1 g	7 g	6,7 g
Glucides	41,4 g	16,9 g	15,7 g
Lipides	1,2 g	0,5 g	0,3 g
Fibres	18,1 g	8 mg	4,4 g
Sodium	15 mg	5 mg	4 mg
Potassium	1450 mg	460 mg	362 mg
Phosphore	350 mg	140 mg	84 mg
Calcium	165 mg	60 mg	71 mg
Magnésium	180 mg	50 mg	39 mg
Fer	7 mg	2,6 mg	2,8 mg
VitamineB1	0,5 mg	0,13 mg	0,1 mg
VitamineB9	300ug	80ug	60ug
VitamineB5	0,8 mg	0,24 mg	0,17 mg
VitamineB6	0,5 mg	0,13 mg	0,07 mg

La teneur en protéine de la plupart des graines des légumineuses est de 20 à 25% du poids sec, celles du haricot est estimée à 22% (Tab.2) (HUIGNARD et *al.* 2011).

Tableau 2. Le profil nutritionnel du haricot commun (pour 100g) (FAO, 2016)

Aliment	Energie Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Fibres	Fe	Zn (mg)	B9 (mg)	Ca (mg)	P (mg)	Mg (mg)
Haricots blancs entiers	286	21,4	1,6	49,7	15,3	6,7	2,8	364	180	310	180

8. Intérêt agro économique

8.1. Importance agronomique

Les légumineuses est la culture la plus respectueuse de l'environnement puisque elles sont les seules plantes à assurer leur propre approvisionnement en azote grâce à l'activité de bactéries symbiotiques, les *Rhizobium* (BALON et KIMON, 1985 ; DOUCET, 1992 ; ROLAND, 2002 ; NYABYENDA, 2005 ; GUEGUEN et DUC (2008) cité par HUIGNARD et al, 2011 ; LATATI, 2015).

Cette voie symbiotique permet de fournir 70 à 80% des besoins énergétiques de la plante et d'obtenir de bons rendements sans recourir à des apports d'azote minéral. L'activité de fixation symbiotique de l'azote est régulée, chez les légumineuses, par la plante et ajustée à ses besoins, ce qui réduit le gaspillage et lessivage de cette ressource. Cette aptitude à fixer l'azote permet de réaliser des cultures en consommant peu d'énergie non renouvelable (HUIGNARD et al., 2011).

Ce sont des plantes dites améliorantes, au lieu d'avoir besoin d'engrais azotés, elles laissent, après la récolte, le sol enrichi en azote, elles sont considérés comme des engrais verts. Dans les sols très pauvres en azote, telles que les zones tropicales, les légumineuses peuvent être efficacement utilisées comme alternatives à la fertilisation notamment dans les pays pauvres ou en voie de développement (ROLAND, 2002). En effet d'après GUY(1985), le haricot joue un rôle déterminant dans la nutrition azotée pour l'ensemble des cultures dans une rotation.

Alors, utilisées en rotation ou en association dans les systèmes de culture, les légumineuses apportent une certaine contribution en azote en fixant et en intégrant une partie de l'azote atmosphérique. Les résidus des légumineuses sont plus riches en azote et contribuent à enrichir le sol en cet élément ainsi les cultures succédant peuvent aussi bénéficier indirectement de l'azote fixé par ces légumineuses (CAVAILLES, 2009 ; CHALCK, 1998 in OUCHEKDHIDH-OURTISSENE, 2014).

Les légumineuses vivrières sont très souvent cultivées en association avec du sorgho (*Sorghumbicolor* L.), du mil (*Pennisetum glaucum* L.) ou du maïs (*zeamays* L.). Cette association se révèle bénéfique pour les deux plantes. Les racines des légumineuses libèrent dans le sol des composés azotés qui vont être utilisés par les céréales et améliorent le rendement. L'association culturale permet aussi une économie de l'espace en produisant deux plantes vivrières sur une même parcelle. Elle assure également une certaine protection phytosanitaire, les céréales formant une canopée qui rendrait plus difficile la découverte de la légumineuse par les insectes ravageurs (HUIGNARD *et al.*, 2011).

8.2. Importance économique du haricot

A. Dans le monde

Le haricot est l'une des plantes légumineuses les plus intéressantes pour l'homme notamment au point de vue nutritif point de vue économique.

La production mondiale de haricots secs est évaluée progressivement à la hausse au cours des années 90 et atteint 19,37 million de tonnes en 1999/2000 dont 75% est attribuable aux dix principaux pays producteurs soit l'Inde, le Brésil, les Etats-Unis et la Chine, le Mexique, la Myanmar, l'Indonésie, l'Argentine, l'Ouganda et le Canada. Environ 85% des haricots secs sont consommés dans les pays où ils sont cultivés (GORDON, 2000).

Les légumineuses vivrières occupent toujours une place très modeste dans les systèmes culturels traditionnels des régions tropicales. Le niveau faible et instable de leurs rendements par unité d'effort et leur grande sensibilité aux maladies et ravageurs expliquent partiellement ce déséquilibre (BAUDOIN, 2001).

D'après DIAW (2002), le haricot est, en Amérique latine et dans plusieurs pays d'Afrique et d'Asie, l'une des plus importantes cultures vivrières, et constitue une grande source de protéines végétales pour la consommation humaine et animale.

Durant la période allant de 1994 à 2004 la production mondiale de haricot sec a connu des fluctuations, mais la tendance est légèrement à la hausse. Pendant cette période la production a varié d'un plancher de 15,5 millions de tonnes à un sommet de 18,9 millions de tonnes (FAO, 2004 *in* KASSEMI, 2006).

La production en haricot sec en 2007 était estimée à 19,29 millions de tonnes. La surface totale consacrée à cette production représentait environ 26,92 millions d'hectares pour un rendement moyen de 0,72t /ha. Le rendement moyen en Amérique du Nord et dans l'Union européenne était de 1,63 t/ha et pour l'Afrique, il n'était que de 0,59 t/ha (SILUE *et al.*, 2010).

Le haricot représente une source de revenus importante pour des millions de personnes notamment dans les milieux ruraux. Il constitue la principale Légumineuse alimentaire de plus

de 300 millions de personnes en Amérique latine, en Afrique centrale et en Afrique de l'Est (SILUE et al., 2010)

C. En Algérie

Les principales légumineuses produites en Afrique de Nord sont dans l'ordre croissant : la fève, le pois chiche, la lentille, le pois et le haricot et sont dans la plupart des cas consommés localement (HUIGNARD et al., 2011).

Au cours de la dernière décennie, la production algérienne du haricot est concentrée au niveau des hauts plateaux. Elle a connu beaucoup de fluctuations malgré les programmes subventionnés par l'Etat. En effet, une hausse prononcée est enregistrée en 2001, atteignant 10790 qx, un sommet pour la décennie.

En 2003, la production a chuté à 4190 qx elle a ensuite augmenté considérablement, pour passer à 10960 qx en 2006.

L'Algérie est considérée comme un grand consommateur des légumes secs, cependant les superficies réservées à cette culture restent limitées (FAO, 2004). Le rendement des cultures de haricot sec a varié au cours de la période 1993-2006. Il a atteint 8,67 qx / ha en 1993. Il a ensuite reculé légèrement pour passer à 7,73 qx / ha en 1995.

A l'échelle nationale, les productions connaissent des fluctuations notables d'une année à un autre (Tab.3) ; les données statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR) montrent une production moyenne, pour l'Algérie, estimée à 0,72t/ha avec une surface totale d'environ 1616 hectares en 2009 (FAO, 2013 in GOUCEM-KHELFANE, 2014).

Tableau 3. Surface cultivée, rendement et production du haricot sec en Algérie entre 2000 et 2011 (FAO, 2013).

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Surface Cultivée (ha)	280F	180F	190F	560 F	990 F	206 F	496 F	394 F	300 F	616F	210 F	200 F
Rendement Kg /ha	273 Fc	22 Fc	26 Fc	02,5 Fc	94,6 Fc	52,5 Fc	11,6 Fc	57,8 Fc	15,3 Fc	20 Fc	94,2 Fc	66,7F c
Production (Tonne)	19	34	64	096	581	66	15	17	00	158	40	00

F : estimation de la FAO, **Fc** : données calculées

Tableau 4. Surface cultivée, rendement et production de haricot sec dans les wilayates productives d'Algérie pour l'année 2007 (ITGC, 2008 in GOUCEM-KHELFANE, 2014).

Wilayats	Superficie (ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx /Ha)
A. Temouchent	700	4200	6
Tlemcen	290	1750	6
Mostaganem	100	800	8
Skikda	99	820	4,2
Oran	71	300	11,4
Mascara	56	640	9
Souk Ahras	30	270	8,3
Tipaza	23	190	7,7
Tizi Ouzou	13	100	7,1
Jijel	7	50	10
Boumerdes	5	50	
Algérie (Total)	1394	9170	6,6

Le tableau 4 montre que les wilayates de l'Ouest (Ain Temouchent, Tlemcen et Mostaganem) détiennent les superficies et les productions les plus élevées. La wilaya de Tizi Ouzou quand à elle, présente des superficies faibles. En 2009, la production moyenne dans la wilaya de Tizi Ouzou est estimée à 1,01 t/ha avec une surface totale d'environ 33ha (TTGC, 2008 in GOUCEM-KHELFANE, 2014).

9. Maladies et ennemis ravageurs de *Phaseolus vulgaris*

Tous les organes du haricot vert peuvent être sujets aux maladies ou aux ravageurs, dont la gravité et la fréquence dépendent de la région de production et de la saison. Plusieurs maladies transmises par graines sont répandues. En Afrique, *P. vulgaris* est touché pratiquement par les mêmes maladies et ravageurs que celles retrouvées sur d'autres légumineuses (DILLON, 1985)

De nombreux groupes d'organismes (champignons, bactéries, virus, mycoplasmes et nématodes) causent des maladies chez le haricot (Tab. 5). Celui-ci peut aussi subir des attaques par les ravageurs animaux (insectes notamment) ou bien des carences en éléments nutritifs et des intoxications (Tab. 6).

Tableau 5. Les principales maladies du haricot (NYABYENDA, 2005).

Type de Maladie	Maladie	Principaux symptômes	Principale méthodes de lutte
Maladies Fongiques	-Maladie des taches anguleuses <i>Phaeoisariopsis griseola</i>	-Taches anguleuses sur les feuilles délimitées par les nervures et taches arrondies rougeâtres sur les gousses.	<ul style="list-style-type: none"> -Composter les fanes, éliminer les plantules issues de graines germées hors saison et respecter la rotation. -Utilisation des variétés résistantes ou tolérantes. -Pulvérisation sur le feuillage du benomyl, du thiophanatemethyl...
	-L'anthracnose <i>Colletotrichum lindermuthianum</i>	-Tache arrondies, déprimées, grisâtres à contours rougeâtres sur les tiges, les feuilles et les gousses.	
	L'ascochytose <i>Ascochyta phaseolarum</i>	-Grandes taches brunâtres sur les feuilles et les gousses.	
	-La rouille du haricot <i>Uromyces appendiculatus</i>	-Petites pustules arrondies, avec des spores au centre et entourées d'un halo chlorotique circulaire.	
	-La maladie des taches farineuses <i>Mycovellosiella phaseoli</i>	-Taches de couleur jaune diffuses qui évoluent en nécroses brunâtres irrégulières, par un aspect farineux de la face inférieure de la feuille et une défoliation prématurée de la plante.	
	-Maladies radicaire <i>Fusarium Solani Sp. Phaseoli ; Rhizoctonia Solani ; Phythium ssp ; Thieelaviopsis basicolo</i>	Lésions nécrotiques avec une légère décoloration ; les tissus de l'hypocotyle des racines sont couvertes de lésions ; détérioration du système radicaire.	
Maladies Virales	-La mosaïque commune du haricot virus (BCMV)	<ul style="list-style-type: none"> -Les plantes ont des dimensions réduites -Feuilles déformées, recroquevillées vers le bas, cloquées ou plissées. -Les gousses sont déformées et rugueuses au toucher. 	<ul style="list-style-type: none"> -Utilisation des semences saines et arrachage des plantes malades. -Contrôle des pucerons. -Utilisation des variétés résistantes.
Maladies Bactériennes	-La bactériose à halo <i>pseudomonas Syringae pv. Phaseolica</i> et <i>pseudomonas syringae pv. syringae</i> La bactériose commune <i>Scanthomonas campestris</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Petits points nécrotiques sur les feuilles entourés d'un halo chlorotique circulaire. -Sur les feuilles des lésions brunâtres à brun clair, irrégulières, limitées par une bordure jaune. Sur les gousses, des taches de couleur vert foncé, graisseuses circulaires s'étendent le long des sutures. 	<ul style="list-style-type: none"> -Utiliser des semences saines et arracher les plantes malades. -Utilisation des variétés résistantes ou tolérantes. -Trempage des semences dans le sulfate de streptomycine avant le semis.

Tableau 6. Les principaux ravageurs qui attaquent le haricot (NYABYENDA, 2005)

Nom de ravageur	Principaux symptômes	Principales méthodes de lutte
Bruche de haricot <i>Acanthoscelides obtectus</i>	-présence de plusieurs trous sur toutes les faces des graines conservées.	-En entrepôt : désinsectisation par fumigation sous vide.
Myriapodes <i>Iules, scutigérelles</i>	Hypocotyle et racicules rongés lors de la germination	-L'enrobage des graines contre la mouche des semis permet de lutter contre les myriapodes.
Puceron noir de la fève <i>Aphis fabae.</i> <i>Acythosiphon pisum</i>	-Présence de colonies d'insectes sur les feuilles, les pétioles et les tiges ; feuilles recroquevillées, boursouflées, souvent recouvertes de miellat de couleur noir, rongées et les boutons floraux perforés par les larves.	-Désinfection par des aphicides et la lutte biologique.
Mouche des semis <i>Phorbia platura</i>	Le bourgeon terminal détruit, la plantule se déforme et pourrit en terre.	- Lutte indispensable sur les semis précoces - Enrobage des semences - Traitement de sol avec micro granules.

Présentation de l'insecte *A.*
obtectus

1. Généralités sur les insectes phytophages

Selon VELLE (2004), les insectes représentent plus de 35000 espèces, dont environ 10000 Coléoptères. Ces derniers constituent l'ordre le plus important dans le monde des insectes.

La diversité actuelle de la faune entomologique, fait ressortir que plus de la moitié des espèces connues sont des phytophages (SOUTHWOOD, 1973 ; STRONG et *al.*, 1984 ; DALY et *al.*, 1998 in KERGOAT, 2004).

STRONG et *al.*, 1984 (in KERGOAT, 2004), définissent la phytophagie comme la consommation des tissus vivants provenant de plantes terrestres vascularisées (Trachéophytes).

Les phytophaga, un sous ordre des Coléoptères, comprennent en effet plus de 100 000 espèces phytophages, les insectes présentent plus de la moitié des organismes vivants connus et ils constituent ainsi le groupe qui a opéré la plus spectaculaire diversification sur terre (DALY et *al.*, 1998, in KERGOAT, 2004). Ils représentent à eux seuls près de 25 % de la biodiversité terrestre (KERGOAT, 2004).

Selon HUIGNARD et *al.* (2011), les bruches constituent un groupe assez peu diversifié au regard des coléoptères phytophages. Certains de ces insectes sont capables de parasiter et de se développer aux dépens des graines. Parmi celles-ci, 1700 appartiennent à la famille des Bruchidae (ALVAREZ, 2004).

2. Présentation de la famille des Bruchidae

Les bruches sont des insectes de petite taille (4 mm en moyenne, mais certaines espèces peuvent atteindre 25 mm), au corps généralement trapu et de couleur terne (à dominante brunâtre). A l'instar des autres Coléoptères Phytophages, seuls les 3 premiers articles et le dernier article des tarses (les tarsomères) sont apparents. Ils se différencient des autres Chrysomeloidés par leur tête allongée en museau bien dégagée du prothorax (KERGOAT, 2004). La famille des Bruchidae est assez homogène parmi les phytophaga. Elle possède près d'un millier de représentants connus, répartis dans toutes les régions du globe mais surtout abondants dans les zones tropicales (BALACHOWSKY, 1962).

Les antennes sont insérées près des yeux et les élytres sont recouverts d'une pilosité souvent très fine qui recouvre incomplètement l'abdomen. Les pattes postérieures sont toujours plus développées que les deux autres paires avec des fémurs fréquemment dilatés ou renflés. Les ailes sont fonctionnelles chez toutes les espèces, les larves évoluées des Bruchidae sont de type (rhyncophorien). Elles subissent 4 à 5 mues au cours de leur évolution (LABEYRIE, 1962).

Le premier stade peut être apode ou bien pourvu de pattes et de soies l'aidant dans le déplacement, c'est par exemple le cas de la bruche du haricot (*Acanthoscelides obtectus*), dont les larves sont mobiles ce qui leur permet, après l'éclosion, de se diriger à la recherche d'une graine adéquate pour s'y installer (BOUGHADAD et al., 1986).

Les membres de la famille des Bruchidae se rencontrent sur tous les continents (hormis l'Antarctique) et en particulier dans les régions chaudes du globe, où la plus grande diversité spécifique est observée avec plus de 60 genres et 1700 espèces décrites à ce jour (SOUTHGATE, 1979 ; KERGOAT, 2004 ; JOHNSON et al., 2004 ; TUDA, 2007).

Le régime alimentaire des insectes de la famille des Bruchidae est caractérisé par un degré de spécialisation car leurs larves ne sont rencontrées dans la nature que dans les graines d'un nombre réduit de plantes hôtes (OUEDRAOGO et al., 2010).

Les larves ont un régime cléthrophage car elles vivent exclusivement dans les graines de leur plante hôte (AVIDOU et al., 1965).

Seul un très petit nombre de bruches est capable de s'attaquer aux stocks de légumineuses alimentaires. Il faut en effet que la femelle soit capable de pondre sur des graines parfaitement mures, et que la larve puisse se développer dans une graine sèche, ne contenant que 13 à 20% d'humidité. De telles bruches se reproduisent indéfiniment tant que la nourriture reste disponible en abondance, même à l'intérieur d'un sachet de légumineuses sur les rayons d'une grande surface. L'adaptation des bruches aux grains secs est étudiée chez les genres *Callosobruchus* et *Acanthoscelides* (DELOBEL, 2008).

Un dimorphisme sexuel plus ou moins marqué existe chez certaines espèces. Il correspond en général à des variations dans la taille et la forme des antennes (qui sont plus dentées, voire pectinées chez les mâles), et celles des yeux (plus globuleux et convexes chez les mâles). Dans certains genres, des différences sont également visibles au niveau des pattes (tibias des pattes 2 des mâles du genre *Bruchus*) et au niveau du pygidium (KERGOAT, 2004). Selon DELOBEL et TRAN (1993), la famille des Bruchidae comprend deux groupes, le premier renferme les bruches se développant dans les champs, dans les graines encore vertes et qui ont une seule génération annuelle (espèce univoltine) comme *Bruchus pisorum* (la bruche du pois), *Bruchus rufimanus* (la bruche de la fève) ou *Bruchus lentis* (la bruche des lentilles). Le deuxième groupe renferme les bruches qui se multiplient à l'intérieur des entrepôts, dans les graines sèches. Elles ont plusieurs générations par an (espèce polyvoltine). C'est le cas de *Callosobruchus maculatus* (la bruche du niébé), *Callosobruchus chinensis* (la bruche chinoise) et *Acanthoscelides obtectus* (la bruche du haricot).

3. Caractéristiques de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus*

A. obtectus est un insecte phytophage et oligophage de l'ordre des Coléoptères et de la famille Chrysomelidae, sous famille des Bruchinae, dont le développement post embryonnaire s'effectue dans les graines de Légumineuses (Fabacées). *Phaseolus vulgaris* est considérée comme sa principale plante hôte.

Les bruches constituent un groupe très homogène de coléoptères cléthrophiens. Leur développement se fait en général à l'intérieur d'une seule graine de légumineuse. Ce sont des ravageurs des denrées d'une très grande importance. Les espèces les plus nuisibles étant celles capables de se développer dans les stocks (DELOBEL, 2008).

En Europe et dans le bassin méditerranéen, *Acanthoscelides obtectus* Say est considérée comme une espèce potentiellement nuisible, car contrairement à *Bruchus pisorum* L., *B. rufimanus* Boh. ou *B. lentis* L., son développement peut s'effectuer à la fois dans les cultures et dans les graines entreposées en magasin (LABEYRIE, 1962).

3.1. Position systématique

Selon BALACHOWSKY (1962), *Acanthoscelides obtectus* occupe la position systématique suivante :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous embranchement	Antennata
Classe	Insecta
Sous classe	Pterygota
Ordre	Coleoptera
Sous ordre	Polyphaga
Famille	Bruchidae. (Chrysomelidae)
Genre	<i>Acanthoscelides</i>
Espèce	<i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say 1831)

Non commun en français : Bruche du haricot.

Non commun en Anglais : Bean weevil.

3.2. Origine et Répartition géographique

A. obtectus est un ravageur des zones tropicales et subtropicales qui a suivi l'importation récente du haricot de l'Amérique Centrale vers l'Europe. Son aire d'expansion s'est développée de l'Espagne à l'Ukraine, au milieu du XIXe siècle jusqu'au début du XXème siècle (SERPEILLE, 1991 ; HUIGNARD et al., 2011).

L'introduction d'*A. obtectus* en Europe aurait suivi de peu celle du haricot. PERRIS (1874) la signale pour la première fois dans les cultures aux environs de Toulon (France), et CHITTENDEN (1892), note sa présence dans toute la région méditerranéenne et même en Iran (LABEYRIE, 1962).

De nos jours, le haricot est cultivé dans le monde entier, la répartition de l'insecte est cosmopolite avec un grand pouvoir migratoire en raison de son cycle de vie polyvoltin. Cette particularité en fait un ravageur dont la dispersion est très liée aux sociétés humaines et dont l'expansion est, de ce fait, potentiellement illimitée (HOSSAERT-MCKEY et ALVAREZ, 2003 ; ALVAREZ *et al.*, 2005).

3.3. Description des différents états et stades de développement d'*A. obtectus*

L'étude de la bruche du haricot montre quatre stades durant son cycle de développement.

3.3.1. L'œuf

Dans la nature, la bruche du haricot pond ses œufs dans les gousses de haricot parvenues à un degré de maturité convenable (LABEYRIE et MAISON, 1954 *in* POUZAT, 1974). Les femelles d'*A. obtectus* pondent des œufs blancs et lisses, de forme cylindrique un peu au hasard et n'adhèrent pas étroitement au substratum (Fig.2). Ils mesurent 0,75 mm de long, sur 2,5 mm de large, étroits, avec un pôle antérieur légèrement plus large que le postérieur, ils ne possèdent pas de trace visible de micropyle (BALACHOWSKY, 1962).



Œuf éclos

Figure 2. Œufs d'*Acanthoscelides obtectus* (G : 2X10) (ORIGINALE, 2017)

3.3.2. La larve

Le développement larvaire d'*A. obtectus* passe par quatre stades différents (Fig. 3). La larve néonée L₁ de type chrysomélien est blanchâtre et mesure 0,6 mm de long sur 0,2 mm de large. Elle est pourvue de pattes très fines et de plaques prothoraciques et anale caractéristiques (BALACHOWSKY, 1962 ; KHELLIL, 1977).

La larve primaire se dirige dès son éclosion à la recherche d'une graine convenant à son habitat. Elle est très active et possède suffisamment de réserves pour circuler plus de 24 heures sans s'alimenter (BALACHOWSKY, 1962).

Peu après son entrée dans la graine, la larve L₁ change d'aspect, et perd, avec exuvie, ses pattes pour la première fois et passe au second stade L₂ apode du type rhynchophorien (BALACHOWSKY, 1962). La larve L₂ subira encore deux autres mues (L₃ et L₄) pour achever son développement larvaire (KHELLIL, 1977). La durée de développement larvaire est très variable (LABEYRIE, 1981).

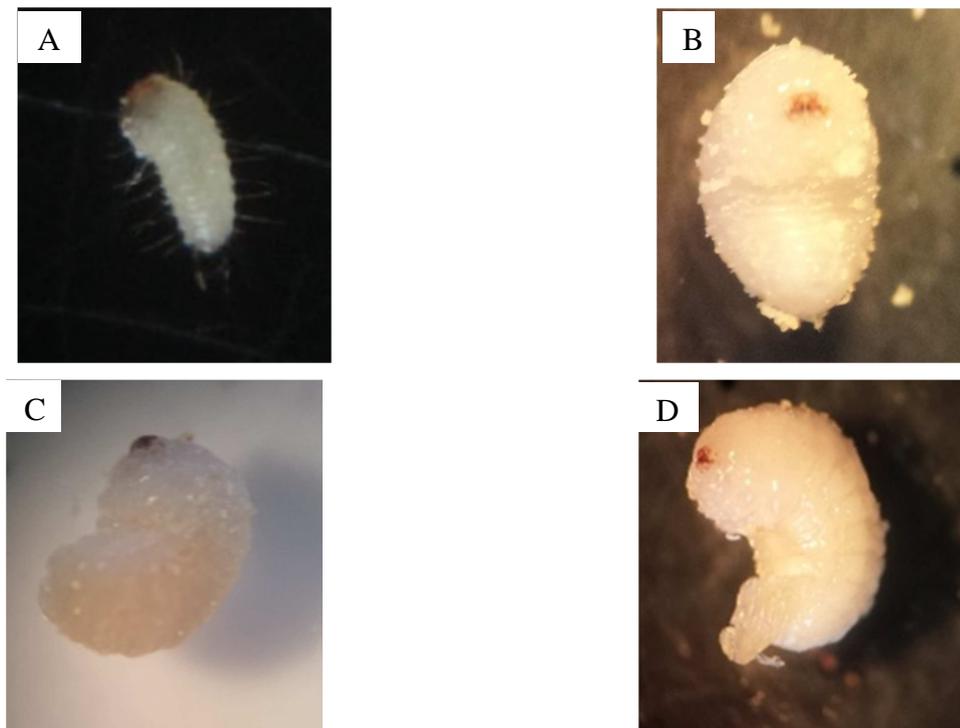


Figure 3. Différents stades larvaires chez *A. obtectus* observés sous loupe binoculaire (G : 2X10). A : larve L₁ ; B : larve L₂ ; C : larve L₃ ; D: larve L₄ (ORIGINALE, 2017)

3.3.3. La nymphe

C'est la dernière forme prise par la larve d'*A. obtectus* avant son émergence sous la forme d'adulte (Fig.4). Pour LERIN (1975), la coque de nymphose est bien fabriquée à l'aide de la substance blanche observée dans les tubes de Malpighi mais après transit par l'intestin et régurgitation. La phase d'accumulation principale de cette substance est au 4^{ème} stade larvaire. Elle est cependant visible dès le 3^{ème} stade (OUEDRAOGO, 1978).

Dans ce stade d'immobilité, la larve se transforme en un jeune imago qui subit encore des phénomènes de sclérotinisation et de pigmentation. Le temps nécessaire à la nymphose est de quinze à dix huit-jours (GOIX, 1986).



Nymphe

Nymphe

Jeune adulte

Figure 4. Différents stades de nymphose chez *A. obtectus* (G :2x 10)
(ORIGINALE, 2017).

3.3.4. L'adulte

Selon LABEYRIE (1962), l'adulte d'*A. obtectus* mesure 2,5 à 3 mm de long sur 1,7 à 1,9 mm de large, mais il arrive que dans les cas de surpopulation, sa taille soit plus réduite. Le prothorax est subconique, distinctement arqué latéralement. Les élytres sont oblongs, assez arqués sur les côtés, avec des épaules peu marquées (MALLAMAIRE, 1968).

A. obtectus présente un dernier segment antennaire orange et généralement plus large que long (HOSSAERT-MCKEY et ALVAREZ, 2003). Le corps d'une couleur générale brun ferrugineux, est recouvert partout de soies dorées courtes couchées vers l'arrière. Des pelages glabres forment des taches rectangulaires sur les élytres dont l'épipleure est peu développée (BALACHOWSKY, 1962 ; MULTON, 1982).

La troisième paire de pattes possède une forte dent accompagnée à la base de deux plus petites, située sur le bord inféro-interne, visible extérieurement (MALLAMAIRE, 1968).

La bruche de haricot ne présente aucune diapause ni au stade adulte ni au stade larvaire (HUIGNARD et al., 2011). Les adultes hivernent à l'intérieur des graines de haricot et sortent de celles-ci à la fin de mois d'avril ; ils ne s'alimentent pas (BONNEMAISON 1962 ; in KASSEMI, 2006).



Figure 5. Adulte d'*A. obtectus*. A : Vue dorsale ; B :Vue ventrale. (G :2 x 10)
(ORIGINALE, 2017).

3.3.5. Le dimorphisme sexuel

Chez *A. obtectus*, la détermination du sexe des adultes, se fait d'après l'aspect de la partie postérieure de l'abdomen, soit en vue ventrale ou de profil.

D'après BALACHOWSKY (1962), la différence entre le mâle et la femelle est très tôt visible des l'émergence. Le mâle, de taille généralement plus petite, peut être distingué par un caractère où le pygidium échancre largement son dernier anneau ventral qui reste entier chez la femelle. Ce caractère est bien apprent chez la bruche du haricot comme le montre la (fig. 6)

Un autre caractère qui a été mis en évidence par NAHDY (1993) indique une différence dans la couleur du pygidium du mâle et celui de la femelle ; ainsi chez le mâle, le pygidium est d'une couleur marron glabre avec des soies blanches ou grises qui sont distribuées d'une manière plus ou moins régulière, alors que chez la femelle le pygidium apparaît avec des motifs obscure d'aux poils blancs ou gris qui sont légèrement denses au milieu et latéralement, donnant l'impression à deux bandes verticales marron et qui sont divisées par quatre taches marron clair (NAHDY, 1993 *in* OUCHEKDHDH-OURLISSENE, 2014).



Figure 6. Dimorphisme sexuel chez *A. obtectus* (G : 2 x 10) (ORIGINALE, 2017)

4. Biologie d'*Acanthoscelides obtectus*

4.1. L'accouplement

Les adultes commencent à s'accoupler quelques heures après leur émergence (Fig .7). La copulation a lieu plusieurs fois au cours de leur existence et ne dépasse guère sept minutes comme elle peut aller jusqu'à 10 minutes (HUIGNARD, 1968 *in* KHELLIL, 1977).

Les femelles sont ainsi attirées par les mâles qui produisent une phéromone, le mâle dépose dans la bourse copulatrice de la femelle un spermatophore contenant des spermatozoïdes et des sécrétions mâles. De plus la distension de cette bourse copulatrice liée à la présence du spermatophore induit la ponte (HUIGNARD *et al.*, 2011)



Figure 7. L'accouplement chez *A. obtectus* (G : x5) (OUCHEKDHIDH-OURLISSENE, 2014)

4.2. La ponte

La ponte est faite exclusivement dans les gousses qui commencent à jaunir et jamais dans les gousses entièrement sèches (FRANSSSEN, 1956 *in* BALACHOWSKY, 1962).

Le dépôt des œufs se fait par un appareil, ovipositeur ou tarière, saillant à l'extrémité de l'abdomen des femelles de ces insectes, qui leur sert à enfouir leurs œufs dans le corps d'un hôte (Fig.8). Le nombre d'œufs pondus par une femelle est de 50 à 100 (BALACHOWSKY, 1962). La femelle passant plusieurs fois au même endroit. Parvenue sur la suture dorsale de la gousse, elle s'immobilise et perfore avec ses mandibules la ligne de suture des deux valves du fruit. Après avoir ainsi pratiqué un trou dans la paroi de la cavité carpellaire, elle se retourne, devagine sa pseudo tarière et l'introduit dans l'ouverture. Elle émet alors successivement 20 à 30 œufs qu'elle colle en paquet (en oursin) sur la paroi, au

niveau de la suture, à moins d'un centimètre du funicule d'un grain (BALACHOWSKY, 1962 ; LABEYRIE, 1966 ; POUZAT, 1974 ; HUIGNARD *et al.*, 2011).

Chez les insectes le choix du site de ponte par les femelles suit une logique. En effet, seules les graines pouvant permettre le développement de l'insecte sont favorisées. La préférence des graines par les femelles en condition de choix pour la ponte semble obéir à cette logique (OUEDRAOGO *et al.*, 2010)

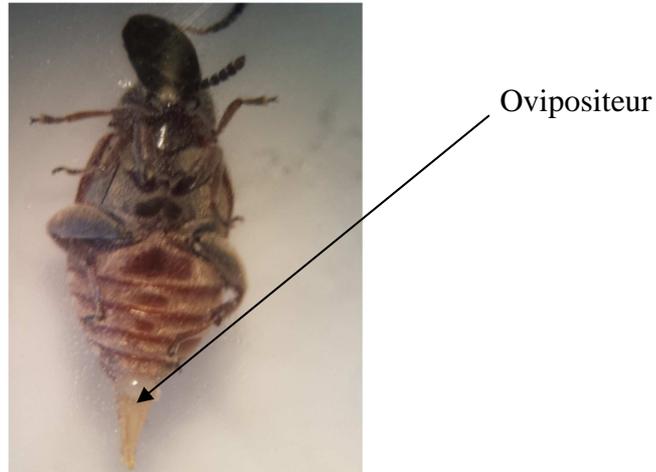


Figure 8. Ovipositeur de la femelle d'*A.obtectus* (G : 2 x 10) (ORIGINALE, 2017)

4.3. Cycle de développement

L'insecte fait sa ponte à la fois sur les plantes et dans les graines mures emmagasinées. Les adultes hivernent à l'intérieur des graines de haricot et sortent de celles-ci à la fin du mois d'avril ; ils ne s'alimentent pas et s'accouplent (BONNEMAISON, 1962).

La sortie de ces insectes est conditionnée par les facteurs externes, notamment l'ensoleillement et la température. En juin-juillet, les adultes issus des graines entreposées dans les greniers s'envolent vers les cultures de haricots, sur une distance allant jusqu'à 3km du lieu de leur sortie. C'est à partir de 20°C qu'il sont en mesure de s'accoupler et de pondre (GOIX, 1986).

Suivant la température, la durée d'incubation est de 3 à 5 jours. La larve neonée possède, outre un ovirupteur caractéristique, des pattes développées et fonctionnelles. Elle est très mobile (DELOBEL, 2008), elle circule pendant quelques heures à la surface de la gousse puis traverse celle-ci ; elle pénètre dans la graine 2 à 3 jours après sa naissance. La larve L₁ mue et se transforme en une larve apode. La durée du développement larvaire est très variable, elle est de 3 semaines en moyenne. La larve L₄ découpe un opercule dans la paroi de la graine

et se nymphose. La durée moyenne de développement est de trente jours à une température de 27°C et une humidité relative de 70%.

L'adulte émerge 15 à 18 jours plus tard suivant la température (BONNEMAISON (1962), in KASSEMI, 2006).

Mais, pour une température inférieure à 8°C, il n'y a pas de pénétration de la larve dans la graine et à une hygrométrie ambiante de 10% toutes les larves meurent (SERPEILLE, 1991).

A forte hygrométrie (90%) et température élevée (34°C), la mortalité atteint 65% d'individus et les adultes formés sont anormaux. Au champ, en attente de ponte, les adultes consomment des segments de feuilles et ils broutent du pollen au niveau des fleurs blanches et jaunes (SERPEILLE, 1991) (Fig.9).

La survie d'*A. obtectus* implique une reproduction ajustée aux possibilités du milieu trophique par la larve, il faut donc, non seulement que l'œuf soit déposé selon l'affirmation de DAVEY (1970), au bon moment et au bon endroit (dans une gousse mure de haricot contenant des graines), mais aussi en bon état donc n'ayant pas été altéré à la suite d'un séjour prolongé dans les oviductes latéraux.

Cette ponte a lieu à l'intérieur de ces gousses qui sont présentes durant une courte période de l'année en l'occurrence au début de la saison sèche (PICHARD et al., 1991). Au champ il n'y a qu'une seule génération par an. L'insecte hiverne à l'intérieur des graines et ne reprend son activité qu'au printemps avec l'élévation de la température (GOIX, 1986).

4.4. La longévité

Les imagos d'*A. obtectus* sont capables de vivre sans s'alimenter, leur longévité varie dans ce cas en fonction de la température et de l'hygrométrie, 35 jours à 15°C et 10 jours à 30°C. Il semble que la longévité des mâles est plus réduite que celle des femelles. Lorsque les femelles sont nourries au miel leur longévité peut aller jusqu'à 89 jours (LABEYRIE, 1962).

5. Infestation des graines et dégâts et pertes causées par la bruche du haricot

Au début de l'évolution larvaire, les haricots paraissent sains puis après un certain temps, ils présentent de petites taches parfaitement rondes de 2 à 3 mm de diamètre et de couleur variant suivant la teinte des graines. Ces taches sont dues au fait qu'une partie de la graine est consommée par la larve et qu'il ne reste plus à son niveau qu'un opercule qui par la suite sera brisé par la bruche adulte afin de lui permettre de sortir pour infester de nouvelles graines. Après plusieurs mois d'infestation, les graines de haricot montrent des perforations, avec présence d'insectes adultes et à l'intérieur des graines les larves continueront leur évolution (GOIX, 1986).

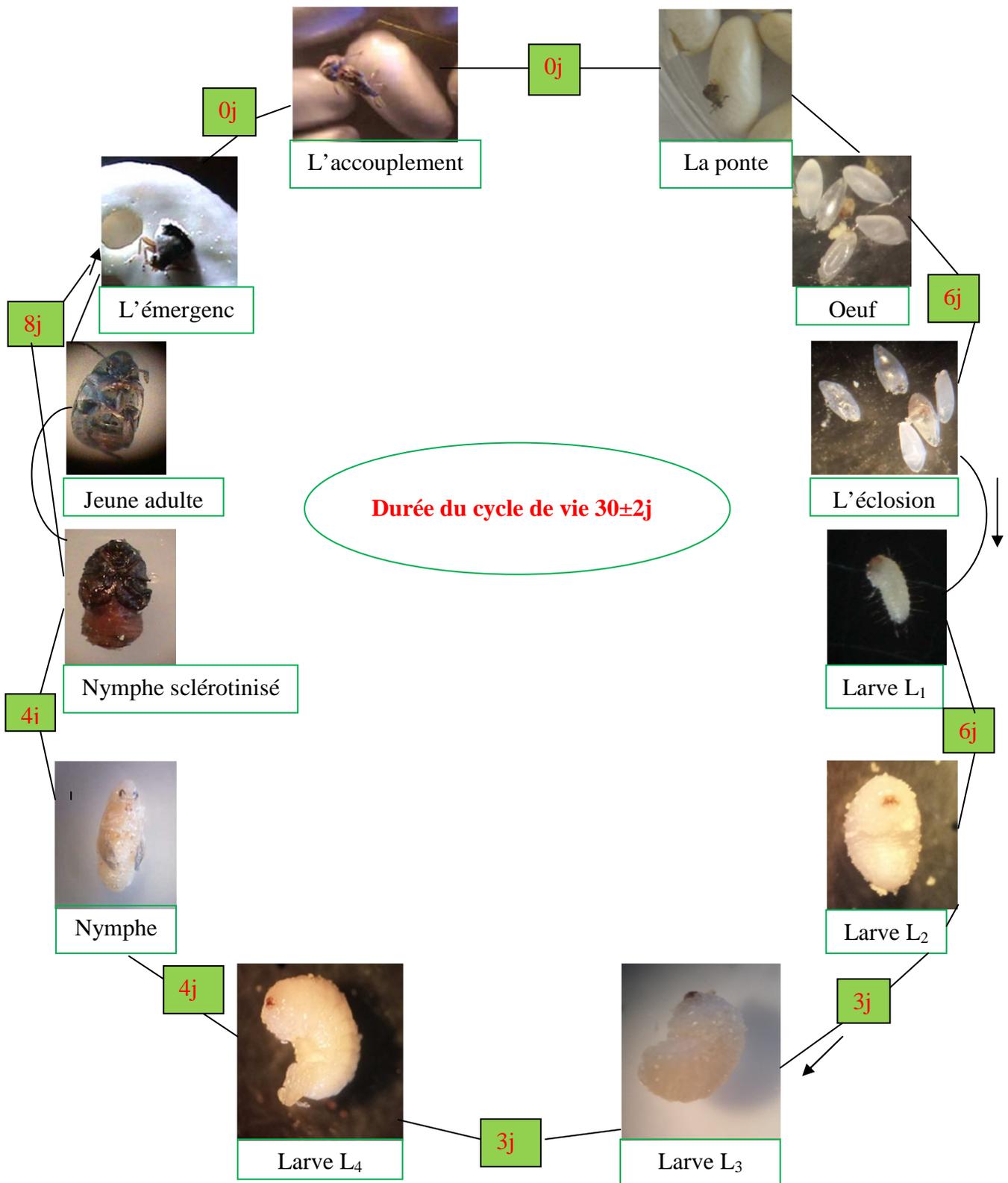


Figure 9. Cycle de vie d'*A. obtectus* sur les graines du haricot dans les conditions de laboratoire (ORIGINALE, 2017).

Les pertes après récolte dues aux attaques de ces insectes ravageurs nuisibles peuvent être considérées sous deux aspects différents : au plan quantitatif (ou perte pondérale) et au plan qualitatif. La perte pondérale se traduit par la réduction du poids et du volume des graines attaquées par ces insectes pour s'en nourrir. La partie de l'albumen des graines attaquées par les bruches est détruite après le développement des larves et les graines fortement endommagées se délitent (avec la prise en masse possible en cas de développement de moisissures qui peuvent être éventuellement productrices de mycotoxines dangereuses pour la santé du consommateur régulier).

Sur le plan qualitatif, les attaques d'insectes se traduisent généralement par une diminution de la valeur nutritive et de la capacité germinative des graines (HUIGNARD *et al.*, 2011). Les pertes en poids occasionnées dans les stocks peuvent être estimées à plus de 80% après six ou sept mois de stockage et celles-ci sont inconsommables (BOUCHIKHI TANI *et al.*, 2010).

En Afrique tropicale, les pertes causées par ces ravageurs sont estimées à 30-80% du fait que le développement post-embryonnaire s'effectue dans les graines commettant ainsi des dégâts importants dans les stocks alimentaires ainsi que lors de la conservation des semences (MUSHAMBANYI *et al.*, 2005 ; BOUCHIKHI TANI *et al.*, 2009).

Dans la graine du haricot, une à 28 larves se développent consommant entièrement le contenu de la graine (SAPUNARU *et al.*, 1999).

Le pouvoir germinatif des graines attaquées, bien que les plantules soient souvent épargnées, est très fortement diminué. En effet l'imbibition des cotylédons qui accompagne la germination, entraîne chez les graines perforées des attaques portants par des germes pathogènes, notamment des champignons (moisissures). *A. obtectus* peut entraîner des réactions allergiques graves aux personnes qui manipulent des graines de *P. vulgaris* fortement contaminées (BOUCHIKHI TANI *et al.*, 2009).



Figure 10. Les dégâts causés par la bruche du haricot. A : Graines saines de haricot avant contamination *A. obtectus* ; B: trous d'émergence des adultes d'*A. obtectus* sur graines du haricot ; C : grain d'haricot complètement broyé par les larves d'*A. obtectus* (ORIGINALE, 2017).

6. La lutte biologique contre *A. obtectus*

Il existe plusieurs méthodes qui permettent de maintenir les populations des ravageurs à un niveau assez bas pour que les dégâts occasionnés soient économiquement tolérables.

6.1. La lutte par les ennemis naturels d'*A. obtectus*

Les Bruchidées sont parasités par de nombreux hyménoptères qui se développent aux dépens d'œufs ou des larves dans les graines ou les gousses des Légumineuses (LABEYRIE, 1962 ; PARKER, 1957 in BOUCHIKHI TANI, 2006 ; RIGHI, 2010).

Les principaux ennemis naturels de la bruche du haricot sont les hyménoptères parasitoïdes tels que *Anisopteromalus Stenocose bruchivora* (Braconidae), *Dinarmus basalis* (Pteromalidae), est présent dans les systèmes de stockage en Amérique du Sud. et *Horismenus sp.* (Euliphidae). Cependant, cet hyménoptère ne peut pas se reproduire dans les systèmes de stockage et n'est donc pas un auxiliaire de lutte biologique. Ces trois espèces sont des ectoparasites solitaires du troisième et quatrième stade larvaire et parasitent occasionnellement des pupes (BENREY et al., 1998 ; BOUCHIKHI TANI 2006 ; HUIGNARD et al. 2011 ; PARKER 1957).

Parmi les hyménoptères, le genre *Uscana* de la famille des Trichogrammatidae comprend plusieurs espèces associées aux Bruchidae (RIGHI, 2010). Les larves d'*A. obtectus* sont également attaqués par l'acarien *Pyemotes* (Podiculoides) (BONNEMAISON, 1962).

Il est préférable d'appliquer une lutte ou un contrôle biologique contre les Bruchidae car les pesticides ont des coûts très élevés et présentent un certain nombre d'inconvénients, notamment sur l'environnement et la santé publique (VANHUIS, 1991).

6.2. Lutte par les plants aromatiques

L'usage des plantes indigènes dans la conservation des récoltes est une autre méthode de lutte. Elle a été pratiquée avant même l'apparition des insecticides de synthèse (GUEYE et al., 2010). Il a été observé dans les pratiques empiriques que les agriculteurs introduisent souvent dans les greniers des plantes aromatiques issues de la pharmacopée locale pour protéger les graines entreposées contre les insectes (SANON et al., 2002).

Les produits extraits à partir des végétaux sont utilisés comme biopesticides contre les ravageurs pour leur effet répulsif, par contact ou par fumigation sous plusieurs formes : extraits organiques, extraits aqueux, poudres des plantes, huiles végétales et huiles essentielles.

6.2.1. Définition de l'huile essentielle

Le terme « Huile essentielle » est un terme générique qui désigne les composants liquides et hautement volatiles des plantes, marqués par une odeur forte et caractéristique. Les

terpènes (principalement les monoterpènes) représentent la majeure partie (environ 90%) de ces composants. Les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (CHIASSON et BELOIN, 2007).

Il n'est pas rare que l'huile essentielle soit nommée essence dans le langage courant, mais l'essence est une substance naturelle sécrétée dans la plante par les organes producteurs. L'huile essentielle est, quant à elle, le résultat de la distillation à la vapeur d'eau des plantes ou des arbres aromatiques, pour en extraire l'essence. Ces deux substances sont différentes par leur nature et par leur composition (HUETE, 2012).

Les huiles essentielles sont connues dès l'antiquité pour leurs propriétés médicinales. Elles ont constitué petit à petit un outil remarquable de défense contre les insectes nuisibles en général et ceux des denrées stockées en particulier (KEITA et *al.*, 2001).

Il est à noter qu'elles ne sont pas constituées d'acides gras, ni d'aucun autre corps gras. Il est important de faire la différence entre les huiles essentielles et les huiles végétales. Les huiles essentielles sont obtenues par expression (réservée aux agrumes) ou par distillation à la vapeur d'eau. Elles sont volatiles, solubles dans l'alcool et dans l'huile, mais pas dans l'eau. Ce sont des substances odorantes. Une huile végétale est obtenue par pression, et est constituée majoritairement de corps gras (FANNY, 2008).

6.2.2. Caractéristiques et composition chimique des huiles essentielles

D'après COUDERC (2001) et DESMARES et *al.* (2008), les constituants des huiles essentielles appartiennent de façon quasi-exclusive à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpenoïdes d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane beaucoup moins fréquent d'autre part. Le poids moléculaire des composés est assez faible, généralement compris entre 150 et 200.

Selon ISMAN (2000), leur composition chimique est différente selon leur appartenance à l'une des familles suivantes : les esters, les aldéhydes, les cétones, les sesquiterpènes, les acétones et coumarines, les oxydes, les acides, les aldéhydes aromatiques, les monoterpènes, les alcools et les phénols.

Il est possible de trouver dans la composition de certaines huiles essentielles d'autres corps à faible proportion, tels que les coumarines volatiles (REGNAULT-ROGER et *al.*, 2002).

La composition biochimique des huiles essentielles est souvent complexe qui leur confère toutes leurs propriétés, elles peuvent être composée d'une centaine de molécules. Les

huiles essentielles pures et naturelles sont les seules à posséder la bonne concentration de composés chimiques, et donc les propriétés adéquates (HUETE, 2012).

De même, la composition des huiles essentielles d'une même espèce varie selon la localisation géographique, les conditions climatiques, la période de récolte...Par conséquent, leurs propriétés varient également. Il est donc important de sélectionner une huile essentielle standardisée dont les composants actifs sont clairement identifiés et quantifiés (CAILLET et LACROIX, 2008).

Ces extraits contiennent en moyenne 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes (monoterpènes, sesquiterpènes,...). Il est admis que l'effet de ces composés purs peut être différent de celui obtenu par des extraits de plantes (CSEKE et KAUFMAN, 1999 ; CHIASSON et BELOIN, 2007 ; FANNY, 2008).

La composition chimique d'une huile essentielle peut varier considérablement, selon EL KALAMOUNI (2010) :

- dans une même plante selon les organes (feuille, fleur, fruit, bois)
- dans l'année selon la saison pour une même plante,
- selon les conditions de culture pour une même espèce végétale,
- selon les races chimiques (ou chemotypes) pour une même espèce (l'exemple classique est le thym avec 7 races chimiques).

6.2.3. Action des huiles essentielles

D'après REGNAULT-ROGER et al. (2002), les propriétés insecticides des huiles essentielles se manifestent de plusieurs manières sur la bruche du haricot *A. obtectus* :

- une toxicité par inhalation par leur richesse en composés volatils.
- une toxicité par contact qui provient de la formation d'un film imperméable sur la cuticule isolant l'insecte de l'air et provoquant son asphyxie.

Différents travaux font référence à l'utilisation des huiles essentielles pour la protection des denrées stockées contre les insectes ravageurs.

Les mono-terpènes qui rentrent en grande majorité dans la composition des huiles essentielles présentent une toxicité inhalatrice, ovicide, larvicide et adulticide à l'égard de différents ravageurs. Ces mono-terpènes ainsi que les composés poly-phénoliques provoquent une perturbation de la motricité naturelle de l'insecte (REGNAULT-ROGER et al., 2002). Les effets de quelques huiles essentielles sont récapitulés dans le tableau 7.

Tableau 7. Quelques huiles essentielles, organe d'extraction et leurs effets insecticides (SINGH et TAYLOR, 1978 ; DON- PEDRO, 1985).

Noms	Organes	Effets
<i>Acoxrus calamus</i> L. (Acore aromatique).	Rhizome	Toxicité par contact.
<i>Azadirachta indica</i> . (Neem), 2 à 3ml/Kg.	Graines	Effet ovicide et larvicide.
<i>Arachis hypogea</i> L. (Arachide), 5 ml/Kg	Graines	Diminution de l'oviposition, effet ovicide et larvicide.
<i>Cocos mucifera</i> L. (cocotier), 5 à 10 ml/Kg.	Graines	Effet ovicide et larvicide.

Selon NGAMO et HANCE (2007), les constituants des huiles essentielles sont des sources potentielles d'insecticides botaniques. Plusieurs constituants sont insecticides. Le safrole et l'eugénol ont des fortes activités insecticides sur les ténébrions et surtout le *Tribolium* rouge de la farine (*Tribolium castaneum*) ainsi que sur la bruche du haricot (Tab.8).

Tableau 8. Activités de quelques monoterpènes des huiles essentielles sur *Acanthoscelides obtectus* (REGNAULT-ROGER et al., 2002).

Phase du développement inhibée	Ponte	Pénétration larvaire	Emergence /adulte	
Monoterpènes actifs	Linalol	Linalol	Carvacrol	
	Thymol	Thymol	Linalol	
	Carvacrol	Eugénol	Eugénol	Eugénol
		Anéthole	Anéthole	Thymol
				Terpinéol

6.2.4. Effets physiques et physiologiques des huiles essentielles

Les mécanismes toxiques des huiles essentielles sont d'ordre physiologique ou physique :

6.2.4.1. Effet physiologique

Les huiles essentielles ont des effets antiappétants, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité ainsi que le développement des insectes et acariens. Des travaux récents montrent que les monoterpènes inhibent la cholinestérase (KEANE et RYAN, 1999 ; CHIASSEON et BELOIN, 2007).

En général, les huiles essentielles sont connues comme des neurotoxiques à effets aigus interférant avec les transmetteurs octopaminergiques des Arthropodes (FANNY, 2008).

En effet les huiles essentielles ont un effet sur l'octopamine, un neurotransmetteur spécifique au système nerveux des invertébrés qui a un effet régulateur sur les battements de

cœur, la ventilation, le vol et le métabolisme (ENAN et ISMAN, 2000 ; CHIASSON et BELOIN 2007). ENAN et ISMAN (2000) font le lien entre l'application de l'eugénol, de l'alpha-terpinéol et de l'alcool cinnamique, et le blocage des sites accepteurs de l'octopamine. ENAN (2005) a également démontré un effet sur la Tyramine, autre neurotransmetteur des insectes.

L'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition chimique, les groupes fonctionnels des composés majoritaires (alcools, phénols, composés terpéniques et cétoniques) et les possibles effets synergiques entre les composants. La nature des structures chimiques qui la constituent, ainsi que leurs proportions jouent un rôle déterminant (PIBIRI, 2005).

6.2.4.2. Effet physique

ISMAN (2000) suppose que les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des arthropodes à corps mous étant donné que plusieurs huiles essentielles semblent plus efficaces contre ce genre d'arthropode.

Selon CHIASSON et BELOIN (2007), les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes. Le rôle de cette cuticule est de prévenir les pertes hydriques, elle est sécrétée par l'épiderme et comporte plusieurs couches dont la couche externe, composée de cires donnant les propriétés hydrophobes à la cuticule ; Ainsi la nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse et causer des pertes en eau, et peut aussi provoquer l'asphyxie, car les trachées et les sacs d'air des insectes sont enduits de cette couche cireuse.

L'activité des huiles essentielles est souvent réduite à l'activité de ses composés majoritaires, ou ceux susceptibles d'être actifs. Évalués séparément sous la forme de composés synthétiques, ils confirment ou infirment l'activité de l'huile essentielle de composition semblable. Il est cependant probable que les composés minoritaires agissent de manière synergique. De cette manière, la valeur d'une huile essentielle tient à son « totum » c'est à dire dans l'intégralité de ses composants et non seulement à ses composés majoritaires (PIBIRI, 2005).

7. Production des huiles essentielles

A l'échelle mondiale, la production des huiles essentielles est d'environ 30 tonnes par an. Les principaux pays producteurs sont les États-Unis, la Chine, le Maroc, la Bulgarie, l'Inde, la France, l'Égypte et l'Espagne. L'Algérie se hisse à la 10^{ème} place avec 8000 dollars de capitaux générés par l'exportation d'huiles essentielles à la fin des années 70 (TALEB-TOUDERT, 2015).

Matériels et Méthodes

Les travaux expérimentaux ont été réalisés au niveau du Laboratoire de l'Ecologie des Invertébrés Terrestres à l'université de Mouloud MAMMERI de Tizi- Ouzou durant la période allant d'octobre 2016 à juin 2017.

1. Matériels

1.1. Matériel de laboratoire

Pour les différentes expériences, nous avons utilisé du matériel de nature variée (Fig.11). Nous avons disposé d'une étuve réfrigérée réglée à une température de $30\pm 1C^{\circ}$ et une humidité relative de $70\pm 5\%$ qui correspondent aux conditions optimales maintenues pour assurer un développement rapide de la bruche du haricot.

Nous avons aussi utilisé :

- Une loupe binoculaire pour observer les différents stades de développement et le comptage des œufs d'*A. obtectus* ;
- Une balance à affichage électronique pour les pesées de graines de haricot (*Phaseolus vulgaris*) ;
- Des boîtes de Pétri en verre de 9,5cm de diamètre et 1,5cm de hauteur dans le but d'effectuer les différents essais (les tests de contact et répulsion) ;
- Des bocaux en verres de 125ml de volume pour les tests d'inhalation.
- Des bocaux en plastiques de 12cm de hauteur et 11cm de diamètre, pour l'élevage de masse des bruches d'*A. obtectus*.
- Une micropipette (0,2-2,5ul) pour les prélèvements de précision des doses de l'huile essentielle.
- De l'acétone pour la dilution des huiles (test de répulsion et le test d'inhalation et le test de contact) et le nettoyage des pipettes et des embouts.
- Les disques de papier filtre de 2cm de diamètre pour le test d'inhalation et de 9,5cm de diamètre pour le test de répulsion.
- Du coton pour le test de germination des graines de haricot.
- Autres accessoires : un tamis, pinceaux, entonnoirs, ciseaux, rouleau adhésif, flacons

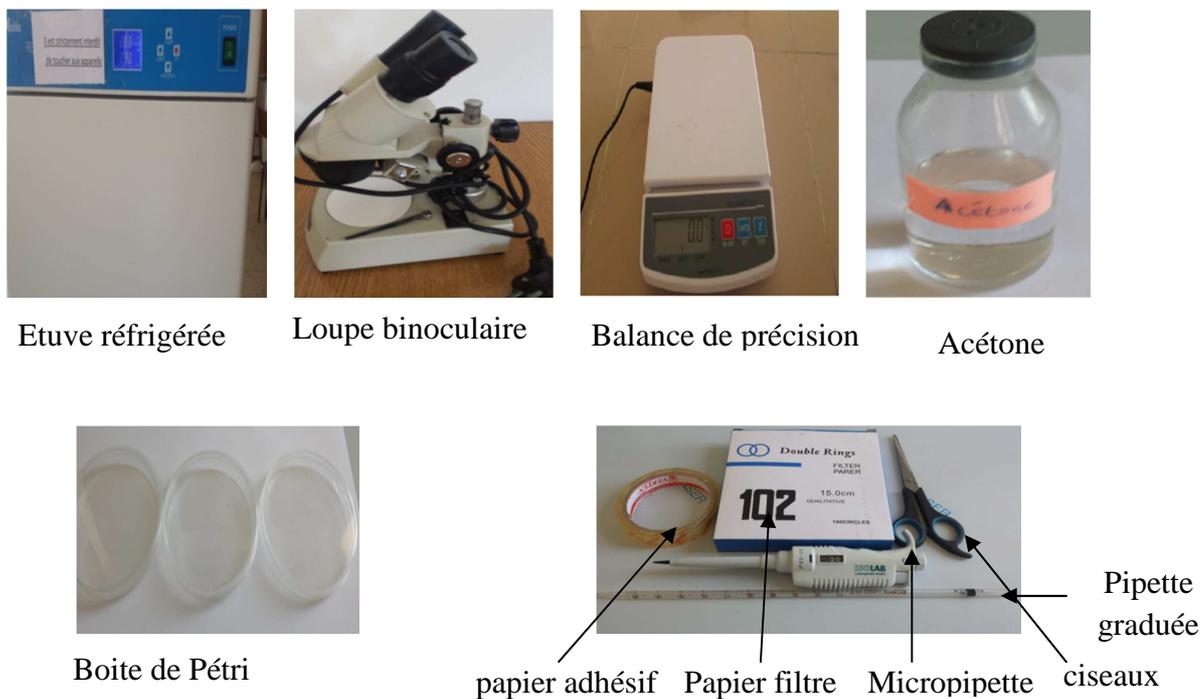


Figure 11. Matériels de laboratoire utilisés dans les différents bio-essais (ORIGINALE, 2017).

1.2. Matériel biologique

1.2.1. Les bruches

L'espèce étudiée est *Acanthoscelides obtectus* qui est obtenue à partir des élevages de masse réalisés au niveau du laboratoire de l'Ecologie du Département de Biologie de l'Université de Tizi-Ouzou sur des graines saines de haricot commun (variété Rognon blanc).

1.2.2. Les graines de haricots

Les graines saines de haricots utilisées pour l'élevage de masse et les différents tests expérimentaux proviennent du marché local (Tizi-Ouzou). Il s'agit des graines de la variété Rognon blanc, dont les graines sont lavées et séchées et conservées à 4°C avant utilisation.

1.2.3. L'huile essentielle de Pin maritime

L'huile essentielle testée durant cette étude est celle de la Pin maritime (*Pinus pinaster*) qui proviennent du marché local.

a) Description de la plante

Le Pin maritime *Pinus pinaster* Aiton de la famille des Pinaceae est un arbre monoïque, à croissance initiale rapide et à port droit (Fig.12). La durée de vie oscille entre 40 et 50 ans (ANONYME, 2003). C'est un arbre d'assez grande taille, résineux qui peut dépasser 20 mètres de hauteur avec une cime étalée et peu compacte, son tronc est recouvert d'une écorce, très épaisse et profondément crevassée est brun violacé (DOMINIQUE, 2007).

Les rameaux, verticillés et étalés, forment au sommet de l'arbre un gobelet pyramidal s'arrondissant à maturité. Ils portent de gros bourgeons ovoïdes et non résineux (ANONYME, 2003). Les aiguilles, groupées par deux, sont vert foncé et très longues (10 à 20 cm), la floraison du pin maritime a lieu en Avril Mai. Les fruits sont des cônes très gros (10 à 18cm de long) (DOMINIQUE, 2007).

Le pin maritime a une aire assez étendue dans les régions de la Méditerranée occidentale et la façade atlantique du sud ouest de l'Europe. En Afrique du Nord, il existe des massifs isolés le long du littoral Algéro-Tunisien, dans les régions de Bejaia, Jijel, Collo, Annaba ou il se rencontre jusqu'à 700 m d'altitude (OUAHID, 2001).



Figure 12. L'arbre de pin maritime (ORIGINALE, 2017)

b) Classification de la plante

D'après CRONQUIST (1981), le pin maritime appartient à :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Coniferophyta
Classe	Pinopsida
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Gymnospermes
Ordre	Coniférales
Sous ordre	Abiétales
Famille	Pinacées
Genre	<i>Pinus</i>
Espèce	<i>Pinus pinaster</i> L.

c) L'huile essentielle

L'huile essentielle utilisée dans notre expérimentation est extraite des aiguilles de pin maritime. Elle est obtenue par distillation par entraînement à la vapeur d'eau, des rameaux fraîchement taillés, récoltés en Algérie. C'est une huile 100% pure et naturelle, distillée en Juin 2015 la N° de lot et 01/2015.

Propriétés organoleptiques :

- Aspect : liquide mobile limpide
- Couleur : incolore
- Odeur : fraîche, boisée, gin, camomille, fruité, genièvre

Analyses physico-chimiques :

- Densité à 20°C : 0,8599
- Indice de réfraction à 20°C : 1,4788
- Pouvoir rotatoire : -2,90°C
- Point éclair : 53°C



Figure 13. Huile essentielle de pin maritime (ORIGINALE, 2017)

Les résultats de l'analyse

Les résultats de l'analyse par chromatographie en phase gazeuse sont présentés dans le tableau 9. Cette analyse fait ressortir un total de 17 composés avec 3 composés majoritaires : le Mycène (27,5%), le Pinène alpha (21,7) et le Caryophyllène beta trans (10%).

Tableau 9. Composition chimique de l'huiles esentielle de *P.pinaster* après analyse chromatographique en phase gazeuse.

Consititunts principaux	Pourcentage
Pinene alpha	21,7
Pinene beta	2,0
Sabinene	2,5
Delta- 3-carence	2,7
Myrcene	27,5
Terpinolene	9,0
Limonene	1,0
Phellandrene beta	0,9
Terpinene gamma	1,8
Ocimene trans	1,0
Caryophyllene beta trans	10,0
4-Terpineol	1,3
Humulene alpha	2,0
Geranyl acetate	0,9
Isocaryophyllene eposcyde	1,1
Phenylethyl hescanoate	6,8
Guaiol	0,3

2. Méthodes

2.1. Elevage de masse

L'élevage de masse de la bruche *A. obtectus* est réalisé dans des bocaux en plastique de 12cm de hauteur et 11cm de diamètre. Il consiste à mettre en contact les bruches adultes mâles et femelles d'âges indéterminés avec des grains de haricots sains *P. vulgaris* avec un poids de 500 g dans chaque bocal (Fig.14).

Les bocaux sont maintenus à l'obscurité dans une étuve réglée aux conditions favorables à leur développement à une température de 27°C et une humidité relative de 75%. Pour accélérer l'élevage de masse nous avons utilisé un nombre suffisant de bruches adultes et des grains de haricot préalablement contaminées (bruches).

Le but de cet élevage est l'obtention des adultes *d'Acanthoscelides obtectus* âgés entre 0 et 24 heures en nombre suffisant, nécessaires aux différents tests expérimentaux.

Pour l'obtention des premiers individus, le temps moyen de latence est de 26 jours, ce qui correspond à:

- une embryogenèse de 5 à 7 jours.
- un développement larvaire de 15 à 20 jours.
- un stade nymphal d'environ 6 jours.

Les adultes ainsi récupérés sont utilisés au cours de nos expériences.



Figure 14. Elevage de masse de la bruche du haricot dans des bocaux en plastiques (ORIGINALE, 2017).

2.2. Effet biocide par contact

Les tests sont réalisés dans des boîtes de Pétri en plastique ou en verre, chaque boîte porte 25 graines de graines saines de haricot, puis traitées avec l'huile essentielle de pin maritime à différentes doses : 1ul, 6ul, 12ul et 18ul prélevées à l'aide d'une micropipette. Ces doses sont dispersées délicatement de manière homogène dans les doses 0,2ml d'acétone dans les boîtes de Pétri.

Cinq couples d'*A. obtectus* ne dépassant pas les 24h sont introduits dans chaque boîte de Pétri.

Des témoins n'ayant reçu aucun traitement sont effectués en ajoutant uniquement 0,2ml d'acétone. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose et pour le lot témoin. L'ensemble des boîtes de Pétri sont mises dans l'étuve réglée à une température de 27 °C et 75% d'humidité relative (Fig.15).

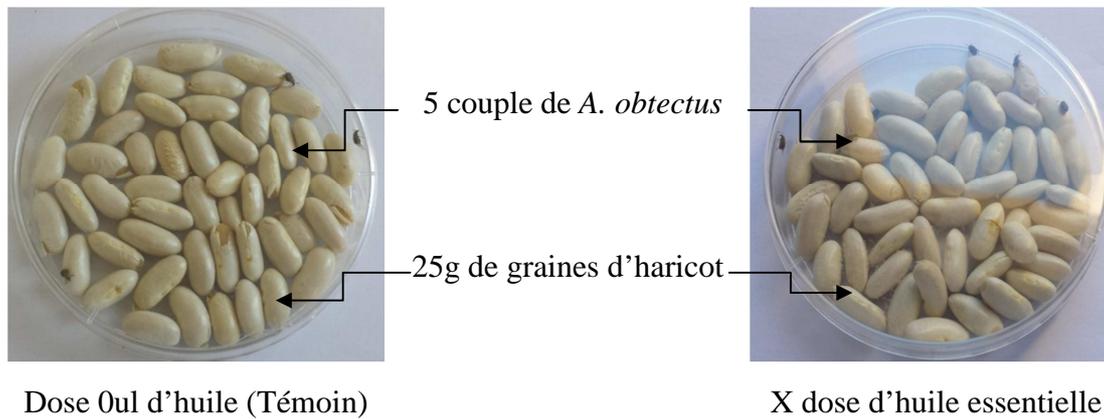


Figure 15. Test par contact de l'huile essentielle de pin maritime à différentes doses (1, 6, 12 et 18 μ l par 25g) contre *A. obtectus* (ORIGINALE, 2017)

2.2.2. Paramètres étudiés

2.2.2.1. Paramètres liés à la bruche

a) Longévité des adultes

Elle Consiste à dénombrer tous les adultes morts après le lancement des tests pour toutes les doses jusqu' à la mort totale des individus. Le comptage des bruches morts est réalisé chaque 24h. Après une période de 7 jours, les mortalités observées dans les essais (M_o) sont exprimés après corrections par la formule d'Abott (ABOTT, 1925) en mortalité corrigée (M_c)= $M_c = M_o - M_t / 100 - M_t \times 100$, en tenant compte de la mortalité naturelle (M_t) observée sur le témoin, (M_o =mortalité observée dans l'essai).

b) La fécondité des femelles

Elle est déterminée après dénombrement de tous les œufs pondus sur les graines et sur les boîtes de Pétri (éclos et non éclos), à l'aide d'une loupe binoculaire, après 5 à 7 jours de traitement.

c) Le taux d'éclosion des œufs

Après comptage des œufs pondus (éclos et non éclos), le taux d'éclosion des œufs est calculé par la formule suivante :

$$\text{Taux d'éclosion des œufs}\% = (\text{nombre d'œufs éclos} / \text{nombre d'œufs pondus}) \times 100$$

d) Le taux de viabilité des œufs (émergence)

L'émergence des individus d'*A. obtectus* débute à partir du 30^{ème} jour jusqu'au 40^{ème} jour. Les individus sont retirés des boîtes de Pétri au fur et à mesure qu'ils sortent des graines de haricot jusqu'à la fin de l'émergence des individus de la dernière ponte.

Le taux de viabilité des œufs est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Taux de viabilité des larves (\%)} = (\text{nombre d'adultes émergés} / \text{nombre d'œufs pondus}) \times 100$$

2.2.2.2. Paramètres liés à la graine (agronomiques)

a) Pertes en poids

Dès la fin des émergences des individus d'*A. obtectus* de la première génération, la perte en poids des graines ayant subi les différents traitements et celles des témoins est déterminé à l'aide d'une balance de précision. Ce poids est ensuite comparé au poids initial avant traitement.

Les pertes en poids sont exprimées en pourcentage calculé comme suit :

$$\text{La perte en poids \%} = ((\text{poids initial}) - (\text{poids final}) / \text{le poids initial}) \times 100$$

b) Faculté germinative des graines

Une fois le test par contact est terminé, les différents lots de graines sont soumis au test de germination. Il consiste à prendre 25 graines de chaque boîte et de les mettre dans les boîtes de Pétri contenant du coton imbibé d'eau. Un lot témoin représenté par les gaines infestées par la bruche est également réalisé (Fig.16). Les boîtes sont maintenues dans les conditions de laboratoire.

Après 4 à 5 jours, les graines germées sont dénombrées et le taux de germination est calculé selon la formule suivante :

$$\text{taux de germination} = (\text{nombre de gaines germées} / \text{nombre total de graines 25}) \times 100$$



Graines non traitées
(témoins)

Germination des graines
non traitées

Graines traitées par
l'huile essentielle

Germination des graines
traitées

Figure 16. Test de germination des graines de haricot traitées par contact à l'huile essentielle de pin maritime contre *Acanthoscelides sobtectus* (ORIGINALE, 2017).

2.3. Effet biocide par répulsion

L'effet répulsif vis-à-vis des adultes d'*A. obtectus* est étudié pour l'huile essentielle de pin maritime. Ce test est utilisé pour calculer le pourcentage de répulsion d'une huile à l'égard de bruche par la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par JILANI et SAXENA (1990).

Pour le réaliser nous avons suivi les étapes suivantes :

- Découpage en deux parties égales d'un disque de papier filtre de 11cm de diamètre.
- Préparation de cinq teneurs différentes de doses de l'huile essentielle de pin maritime : 2ul, 4ul, 6ul, 8ul et 10ul dans 0,2ml d'acétone, pour que la répartition d'huile soit homogène sur le papier filtre.
- Pour chaque test un demi-disque est traité avec une dose d'huile essentielle de pin maritime diluée dans l'acétone et le deuxième ne reçoit que de l'acétone (témoin) (Fig.17).
- Après évaporation du solvant, les deux demi-disques de papier filtre sont collés à l'aide d'une bande adhésive et placés dans une boîte de Pétri.
- Cinq couples de bruches adultes âgés de 0 à 24h sont ensuite déposés au centre de la boîte de Pétri.
- Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose d'huile essentielle.
- Après une demi-heure de traitement des bruches dans les conditions de laboratoire, les individus sont dénombrés sur les demi-disques traités et non traités.

Le pourcentage de répulsion (PR) est calculé par la formule suivante (Mc DONALD et *al.*, 1970):

$$\text{PR}\% = ((Nc - NSh) / (Nc + NSh)) \times 100$$

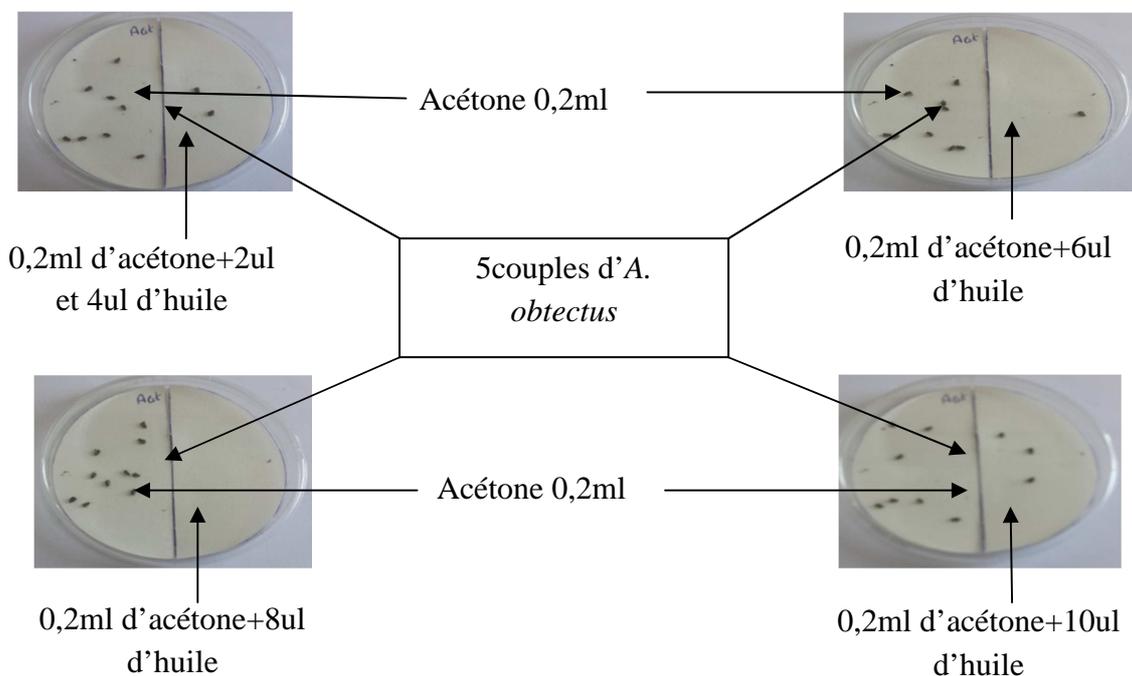
NC : nombre de bruches présentes sur le demi-disque traité uniquement avec l'acétone.

Nh : nombre de bruches présentes sur le demi-disque traité avec la solution huileuse de pin maritime et d'acetone.

Selon Mc DONALD et *al.* (1970), le pourcentage de répulsion moyen pour chaque huile est calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V, qui sont présentés dans le tableau 10.

Tableau 10. Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc DONALD et *al.* (1970).

Classes	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classes 0	$PR \leq 0,1\%$	Très faiblement répulsif
Classes I	$0,1\% < PR \leq 20\%$	Faiblement répulsif
Classes II	$20\% < PR \leq 40\%$	Modérément répulsif
Classes III	$40\% < PR \leq 60\%$	Moyennement répulsif
Classes IV	$60\% < PR \leq 80\%$	Répulsif
Classes V	$80\% < PR \leq 100\%$	Très répulsif

**Figure 17.** Test de répulsion de l'huile essentielle des pins maritime à différentes doses à l'égard d'*A. obtectus* (ORIGINALE, 2017)

2.4. Effet biocide par inhalation

L'effet biocide par inhalation de l'huile essentielle de pin maritime à l'égard de bruche du haricot est étudié sur les adultes d'*A. obtectus*. Le test d'inhalation est réalisé dans des flacons en verre de 125 ml de volume. Une dose d'huile essentielle est déposée sur des disques de papier filtre de 2cm de diamètre qui sont fixée par un fil à la face interne des couvercles (Fig.18). Différentes doses de l'huile essentielle de pin maritime : 4ul, 6ul, 12ul et 18ul, sont diluées dans 0,2ml d'acétone et utilisées pour imprégner le disque de papier filtre au moyen d'une micropipette. Parallèlement, un témoin n'ayant pas reçu d'huile essentielle est réalisé avec uniquement 0,2ml d'acétone.

Cinq mâles et Cinq femelles de bruches adultes âgés de 0 à 24h sont mis rapidement dans chaque flacon fermé aussitôt d'une façon hermétique. Quatre répétitions sont réalisées. Le dénombrement des individus morts pour chaque dose est effectué, après 1H, 2H, 3H, 24h, 48h, 72h, et 96h du lancement de ce test.

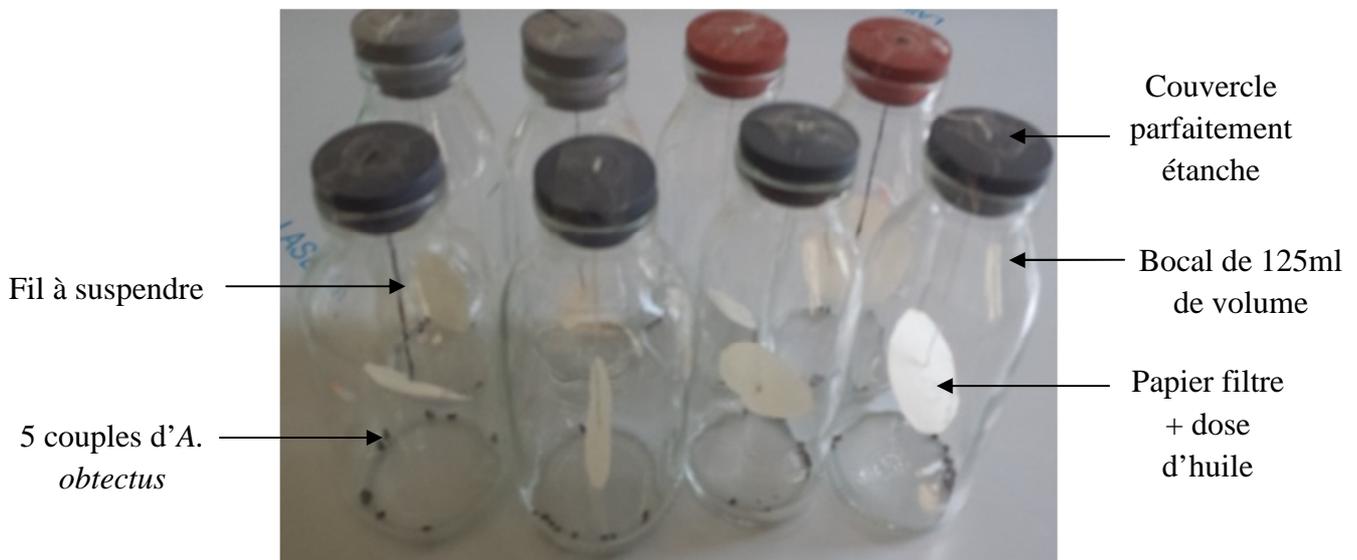


Figure 18. Test d'inhalation effectué sur les adultes d'*A. obtectus* traités par différentes doses de l'huile essentielle de pin maritime, Xul = 4ul, 6ul, 12ul et 18ul (ORIGINALE, 2017).

2.5. L'analyse statistique des résultats

Les résultats obtenus pour les différents paramètres étudiés pour l'activité insecticide de l'huile essentielle sont soumis à une analyse de la variance ANOVA à un ou deux critères de classification en utilisant le logiciel STAT BOX, version 6.3 pour déterminer l'action d'huile essentielle vis-à-vis de la bruche du haricot.

Les variables dont les analyses statistiques montrent une différence significative ont subi le test de NEWMAN et KEULS au seuil $P=5\%$ (DAGNELIE, 1975)

Si la probabilité(P) est :

$P > 0,05$ il n'y a pas de différence significative.

$0,01 < P \leq 0,05$, il ya une différence significative.

$0,001 \leq P \leq 0,01$, il ya une différence hautement significative.

$P \leq 0,001$, il ya une différence très hautement significative.

Résultats et discussions

La difficulté à contrôler la population des insectes ravageurs des graines stockées est renforcée par les limites et les conséquences liées à l'utilisation des pesticides de synthèse.

Notre étude rentre dans le cadre de la recherche de solutions alternatives qui permettent de réduire les pertes occasionnées par les insectes nuisibles comme la bruche du haricot, par l'utilisation de l'huile essentielle du pin maritime, testée par contact, inhalation et répulsion.

I. Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle sur *A. obtectus*

1. Effet par contact

1.1. Action sur la longévité des adultes

Les résultats obtenus pour l'action de l'huile essentielle sur la longévité des adultes d'*A. obtectus*, sont présentés dans la figure 19. Les résultats obtenus montrent que la longévité des adultes d'*A. obtectus* diminue avec l'augmentation des doses de l'huile essentielle utilisée et de la durée d'exposition. La longévité moyenne des insectes dans les lots témoins est de 8,75 jours après 7 jours d'exposition. Dès la plus faible dose 1 μ l, une diminution légère est enregistrer moyen de 8,25 jours après 7 jours d'exposition. La longévité subite une légère diminution à la dose 6 μ l, l'huile essentielle montre un effet toxique qui s'exprime avec une longévité moyenne de 7,25 jours. La longévité subit une diminution à la dose de 12 μ l, elle est de 1,75 jour. A la plus forte dose utilisée qui est de 18 μ l, les bruches vivent moins de 24 h. Il ressort apparemment que l'huile essentielle utilisée présente un effet sur la longévité d'*A. obtectus*.

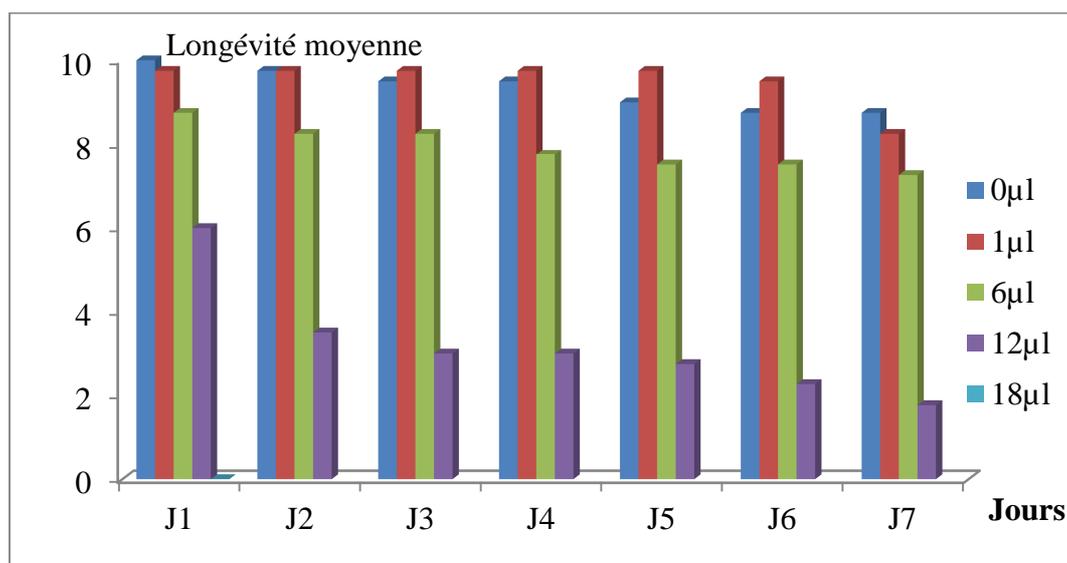


Figure 19. Longévité moyenne en jours des adultes d'*A. obtectus* selon les différentes doses de l'huile essentielle de pin maritime utilisée par contact.

D'ailleurs l'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0$) et durée d'exposition (ou jours) ($P = 0,00163$) de l'huile testée pour le paramètre longévité et durée d'exposition (Tab.1, Annexe).

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5%, classe les 5 doses d'huile essentielle de pin maritime dans 5 groupes homogènes où les doses 0 μ l et 1 μ l sont placées dans le groupe A et la dose 18 μ l dans le groupe D (Tab.2, Annexe), et le facteur durée de traitement en 3 groupes homogènes avec la durées 1j dans le groupe A et 7j dans le groupe C (Tab.3, Annexe).

L'huile essentielle que nous avons testée semble avoir un effet toxique sur la longévité des adultes d'*A. obtectus*. Ces résultats concordent avec les travaux de plusieurs chercheurs qui ont mis en évidence l'action des huiles essentielles sur la longévité des ravageurs des denrées stockées.

Les travaux de SEDDI et SELLAH (2015) ont montré que la longévité des adultes d'*A. obtectus* est inversement proportionnelle à la dose de l'huile essentielle d'eucalyptus et pin sylvestre testée par contact ; elle est en moyenne de $12,5 \pm 0,75$ jours dans les lots témoins.

Pour l'huile essentielle d'eucalyptus, une forte diminution de la longévité est enregistrée à la plus faible dose utilisée (0,2 μ l), elle est de 6,75 jours. Elle subit encore une diminution aux doses de 0,4 μ l, 0,6 μ l et 0,8 μ l correspondant respectivement à des durées de vie de 4, 3, et 1,75jour.

Pour l'huile essentielle de pin sylvestre, une légère diminution de la longévité est enregistrée à la plus faible dose 2 μ l, elle est de 9,5 jour. Une légère diminution de la longévité est enregistrée au fur et à mesure que les doses de 4 μ l, 6 μ l, et 8 μ l correspondant respectivement à des durées de vie de 7,5 ; 5,25 ; et 3,5 jour. Pour l'huile essentielle de pin maritime, enregistrée à la plus forte dose 18 μ l, les bruches vivent moins de 24h.

L'effet de l'huile essentielle de pin maritime sur la longévité des adultes semble être moins efficace comparé à celui obtenu par BACHI et MAHMOUDI (2017) sur une bruche monovolline *B. rufimanus*. Ces auteurs ont montrés que la longévité des mâles diapausants de *B. rufimanus* diminue proportionnellement avec la dose d'huile essentielle de pin maritime et la durée d'exposition. Dès la plus faible dose 1 μ l, l'huile essentielle montre un effet toxique qui s'exprime avec une longévité de 0,5 jours après 48heures d'exposition. A la plus forte dose, l'huile induit une mortalité totale des individus après 24h d'exposition.

GOUCEM-KHELFANE (2014) montre que la longévité des adultes de la bruche du haricot varie en fonction de l'huile essentielle appliquée par contact. Parmi les huiles essentielles utilisées aux doses de 0 ; 2 ; 4 ; 6 ; et 8ul, le laurier noble, le mandarinier et la lavande ont montré les valeurs de la longévité les plus faibles qui sont respectivement de $0,19 \pm 0,011$; 1 ± 0 et $1,75 \pm 0,95$ jours à la plus forte dose utilisée (8ul). A la même dose, les huiles d'Eucalyptus, cèdre et citronnier réduisent aussi la longévité des adultes mais avec un effet moindre ; elle est respectivement de $2 \pm 0,18$; $5,75 \pm 0,5$ et $2,07 \pm 0,35$ jours.

Le même auteur souligne que les huiles de bergamote, thym et de menthe poivrée sont utilisées aux doses de 0,25 ; 0,5 ; 0,75 ; 1 et 2ul se sont montrées plus efficaces, en enregistrant une longévité respectivement de 0 ± 0 ; $1,75 \pm 0,95$ et $3,5 \pm 0,57$ jours à la plus forte dose de 2ul.

HEDJEL-CHEBHEB (2014) a montré que la longévité moyenne des adultes de *C. maculatus* traitées avec les huiles essentielles d'*Eucalyptus lehmanii*, *E. astringenes*, *E. maidenni* et *E. cinerea* est réduite de façon très significative (inférieure à 24h) comparativement au témoin (166,65h), à partir de la dose de 25ul, par contre elle est moins de 24h dans les lots traités avec *Pinus halepensis* à la dose de 50ul /50g. Une légère diminution est enregistrée dès la plus faible dose utilisée 6,5 et 12,5 respectivement $172,50 \pm 2,31$ et $170,83 \pm 13,45$.

TALEB-TOUDERT (2015) a montré que l'effet biocide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *E. radiata*, *Laurus nobilis* et *Salvia officinalis* réduit la durée de vie des adultes de *C. maculatus*. Elle est comprise entre 1h et 21h à la dose de 16µl pour les 4 huiles.

D'autre part, HAMDANI (2012) a étudié l'efficacité de quatre huiles essentielles du Citronnier, Oranger, Pamplemoussier et Bigaradier. Il a constaté que la longévité des adultes d'*A. obtectus* est inversement proportionnelle à la dose des huiles testées. Une légère diminution est enregistrée dès la plus faible dose utilisée (2ul). Elle est de 8 ; 9 et 8,75 jours, valeurs correspondant respectivement aux huiles essentielles de Citron, Orange et Pamplemousse. Une forte réduction de la longévité est notée par l'huile essentielle le Bigaradier (3,5 jours).

DJEDDI et SAID OUAMER (2016) montrent que l'huile d'olive testée provenant des régions de Mekla et Ouacif, obtenus selon deux modes de cueillette, réduit d'une façon très significative la longévité des adultes de *C. maculatus*, lorsque la dose augmente de 0,1 à 0,4ml/25g de graine de *V. unguiculata*. A la plus faible dose (0,1ml) de l'huile d'olive

d'Ouacif après cueillette sur arbre et de l'huile d'olive de Mekla après ramassage au sol, la longévité des adultes de *C. maculatus* est réduite à environ 2 jours.

1.2. Action sur la fécondité des femelles d'*A. obtectus*

Les résultats de l'étude de l'effet de l'huile essentielle de pin maritime sur la fécondité des femelles d'*A. obtectus* sont illustrés dans la figure 20; une diminution dans la moyenne d'œufs pondus est enregistrée avec l'augmentation des doses de l'huile essentielle utilisée.

Nous avons enregistré une fécondité moyenne dans les lots témoins qui est de $101,25 \pm 8,53$ œufs/5femelles; elle diminue d'une façon notable et progressive avec l'augmentation de la dose de l'huile essentielle utilisée. Cette diminution débute à la plus faible dose $1\mu\text{l}$, enregistrant une valeur moyenne de $87,5 \pm 20,20$ œufs/5femelles.

A la dose $6\mu\text{l}$ une diminution remarquable de la moyenne d'œufs pondus par les femelles est enregistrée ($42,25 \pm 30,01$ œufs /5 femelles). La ponte des œufs est complètement inhibée à la dose de $12\mu\text{l}$ et $18\mu\text{l}$.

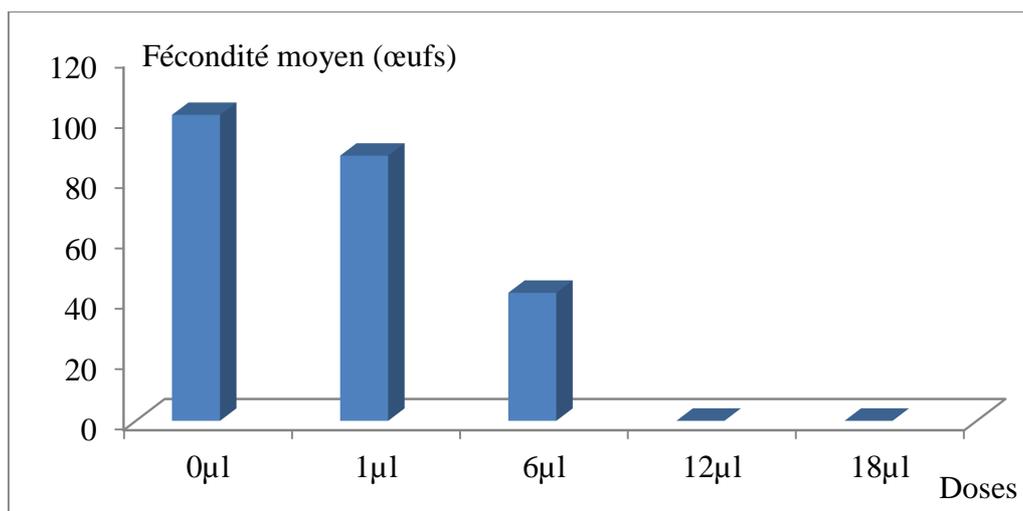


Figure 20. Fécondité moyenne des femelles d'*A. obtectus* selon les différentes doses de l'huile essentielle de pin maritime utilisée par contact.

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0$) concernant le paramètre fécondité des femelles après traitement à l'huile essentielle de pin maritime (Tab.4, Annexe). Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification 5%, classe les doses $0\mu\text{l}$ et $1\mu\text{l}$ d'huile essentielle dans le groupe homogène A, et les dose $12\mu\text{l}$ et $18\mu\text{l}$ des le groupe C (Tab.5, Annexe).

De nombreux auteurs ont étudié l'effet bioinsecticide des huiles essentielles sur la fécondité des femelles de la bruche du haricot ou des espèces voisines.

DJEDDI et SAID OUAMER (2016) ont montré que la fécondité des femelles de *C. maculatus* est affectée par le traitement à l'huile d'olive et qu'elle diminue très significativement en augmentant la dose. Aucun œuf n'est pondu sur les graines traitées avec les différentes huiles d'olive, à la dose 0,4ml/25g.

SEDDI et SELLAH (2015) ont montré que la ponte est inhibée à la dose 0,2µl et s'annule à la dose de 0,8µl pour l'huile essentielle d'eucalyptus. La plus faible valeur de la ponte enregistrée est de 37,25 œufs/5 femelles à la dose 8µl ; à la dose 2µl, 4µl et 6µl la ponte enregistrée est respectivement de 104,5œufs /5 femelle ; 88,75œufs /5 femelle et 59,25œufs /5 femelles pour l'huile essentielle pin sylvestre. Pour l'huile essentielle de pin maritime la moyenne d'œufs pondus par les femelles à la dose de 6µl est de 42,25 œufs /5 femelles.

GOUCEM-KHELFANE (2014) a montré qu'à la plus forte dose (8ul) les huiles essentielles d'eucalyptus et de mandarinier annulent la ponte des femelles d'*A. obtectus* et celles de citronnier et de laurier affectent notablement la fécondité qui est réduite à $1,25 \pm 2,5$ et $1,6 \pm 1,91$ œufs /5femelles.

KELLOUCHE et SOLTANI (2004) ont montré que l'eugénol (6ul) inhibe complètement la ponte, ainsi l'huile essentielle de clou de girofle affecte de façon très hautement significative la fécondité des femelles de *C. maculatus*.

D'autre part, BOUCHIKHI TANI et *al.* (2009) constatent chez les femelles d'*A. obtectus* que la ponte est inhibée complètement dans les graines traitées par les huiles extraites de *Rosmarinus officinalis* et *Artemisia herba alba* à une dose supérieure ou égale à 5ul/ 30g.

Part ailleurs, TALEB-TOUDERT (2015) a montré que les huiles essentielles d'*E. globulus* et *E. radiata* inhibent complètement la ponte des femelles de *C. maculatus* à partir de la dose de 8ul. A la dose 12µl/1 l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* est inhibée complètement.

HAMDANI (2012) a montré que les huiles essentielles extraites du Citron, de l'Orange, et du Pamplemousse réduisent le nombre moyen d'œufs pondus à moins de 20 œufs/5femelles à partir de la dose de 8ul, alors que l'huile extraite du Bigaradier réduit la fécondité à moins de 12 œufs/5femelles dès la dose de 4ul.

Le même auteur signale que l'huile essentielle de Bergamote semble être efficace comparée à celle du Citronnier, du Mandarinier et du Bigaradier, la ponte s'annule déjà à la dose de 1ul.

Aussi, HEDJEL-CHEBHEB (2014) a montré que le nombre d'œufs pondus diminue au fur et à mesure que la dose augmente et cela pour toutes les huiles essentielles des quatre espèces d'eucalyptus testées, alors que dans les lots témoins le nombre d'œufs est de 748,5/10femelles.

La fécondité s'annule à partir de 12,5ul pour l'*E. hermannii* et l'*E. astrigenes* et à partir de la dose de 25ul pour l'*E. cinerea* et l'*E. maidenii*. La ponte est inhibée complètement dans les lots traitées par *P. halepensis* dès la dose de 50ul/50g.

1.3. Action sur l'éclosion des œufs

Les résultats présentés dans la figure 21 montrent que le taux moyen d'œufs éclos diminue au fur et à mesure que la dose d'huile utilisée augmente.

Pour les lots témoins, nous avons constaté un taux d'éclosion de $78,9 \pm 9,99$ % qui est supérieur à celui enregistré dans les lots traités. Les doses de 1 μ l et 6 μ l engendrent une diminution remarquable des moyennes d'éclosion des œufs d'*A. obtectus* enregistrant $52,86 \pm 12,28$ % et $50,99 \pm 6,18$ % individus respectivement. Par contre les doses 12 μ l et 18 μ l montrent une moyenne d'éclosion nulle pour l'huile essentielle pin maritime, et la ponte s'annule déjà à partir de 12 μ l.

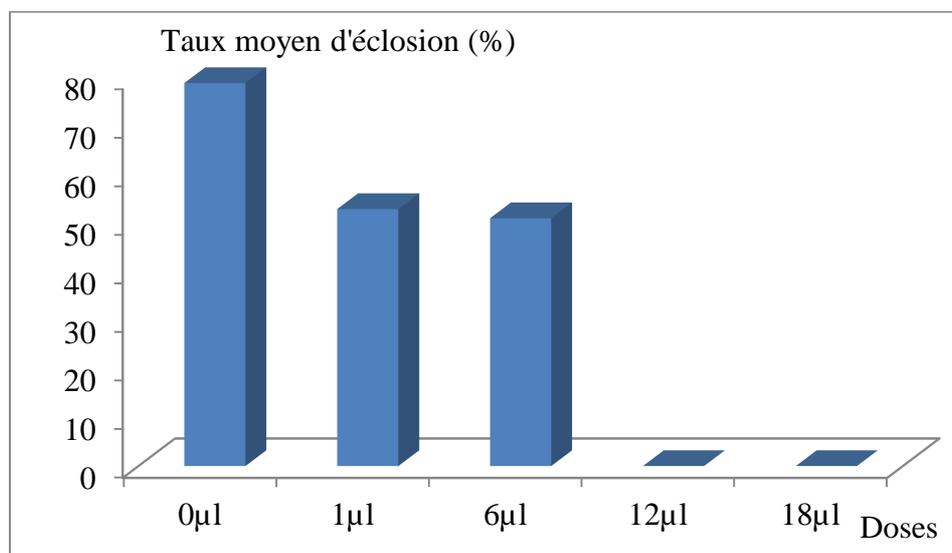


Figure 21. Taux moyen d'éclosion des œufs d'*A. obtectus* selon les différentes doses de l'huile essentielle de pin maritime utilisées par contact.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification marque une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0$) (Tab.6, Annexe) et le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5% classe les 5 doses dans 3 groupes homogènes plaçant le témoin dans le groupes A ; les dose 1 μ l et 6 μ l dans le groupes B et les dose 12 μ l et 18 μ l dans le groupes C (Tab.7, Annexe).

Des résultats similaires ont été obtenus par HEDJEL- CHEBHEB (2014) qui a enregistré un taux d'éclosion des œufs de *C. maculatus* de l'ordre de 89% dans les lots témoins, ce taux diminue à la dose 6.5ul/50g pour l'ensemble des quatre huiles essentielles. Il s'annule à la dose de 12.5ul/50g pour l'*E. hermannii* et l'*E. astringens* et à la dose de 25ul/50g pour *E. maidenii* et l'*E. cinerea*. Pour les lots traitées avec *P. halepensis*, le taux d'éclosion est nulle dès la dose de 25ul/50g. Dans notre cas il s'annule à partir de la dose de 12µl.

SEDDI et SELLAH (2015) ont enregistré dans les lots témoins, un taux d'éclosion de $77,73 \pm 1,57\%$ qui est supérieur à celui enregistré dans les lots traités par l'huile essentielle d'eucalyptus. Dès la plus faible dose (0,6µl), le taux d'éclosion des œufs subit une réduction, il est de l'ordre de $50 \pm 2,94\%$ puis s'annule à la dose 0,8µl. Par contre, l'huile essentielle de pin sylvestre induit une légère diminution du taux d'éclosion des œufs qui est proche de celui du témoin (71%) à la plus faible dose utilisée (2µl) pour enregistrer un taux de 20% à la plus forte dose (8µl). Pour l'huile essentielle de pin maritime, le taux d'éclosion enregistré est de 50% à la dose de 6µl.

GOUCEM-KHELFANE (2014) a montré que l'huile essentielle de laurier noble réduit nettement le taux de fertilité des œufs d'*A. obtectus* ($3,12 \pm 6,25\%$) dès la dose 6ul et les huiles de *C. limonum* et de *C. reticulata* et de l'*E. globulus* annulent complètement le taux de fertilité à la dose 8ul.

TALEB-TOUDERT (2015) a enregistré une réduction significative du nombre d'œufs éclos de *C. maculatus* dans les lots traités avec les huiles essentielles d'*E. radiata* et *E. globulus* qui ont inhibé l'éclosion des œufs pondus sur les graines traitées à la dose de 4ul.

TOUAMI et ZERAR (2006) ont rapporté également que l'huile essentielle de bois de cèdre exerce une toxicité très élevée sur le nombre d'œufs éclos de *C. maculatus* qui devient nul à la plus faible dose utilisée (0,0125ml).

HAMDANI (2012) a constaté que les quatre huiles d'Oranger, Citronnier, Pamplemoussier et Bigaradier affectent l'éclosion des œufs d'*A. obtectus*, notamment avec l'huile essentielle de Bigaradier qui réduit à moins de 5 œuf éclos/5femelles à partir de la dose de 4ul.

1.4. Action sur l'émergence des adultes

Les résultats présentés dans la figure 22 montrent que le traitement par l'huile essentielle de pin maritime présente un effet sur le taux de viabilité des adultes d'*A. obtectus* et qu'il diminue proportionnellement avec l'augmentation de la dose de l'huile utilisée. Il réduit nettement le nombre de descendants comparativement à la série témoin, ou le taux moyen est de $30,23 \pm 22,329\%$; aux doses de 1µl et 6µl, une diminution légère est enregistrer

elle est de $29,40 \pm 4,892\%$ et $28,79 \pm 6,023\%$ d'individus émergés respectivement. A partir de la dose $12\mu\text{l}$, les taux d'émergences des adultes s'annulent.

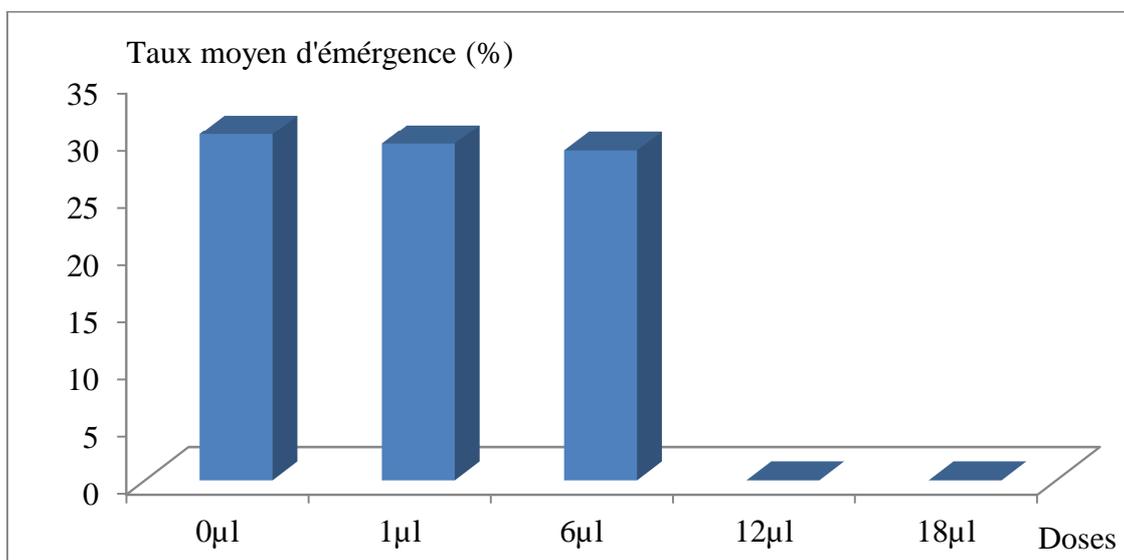


Figure 22. Taux moyen d'émergence des adultes d'*A. obtectus* selon les différentes doses de l'huile essentielle pin maritime par contact.

L'analyse de la variance montre que l'huile testée affecte d'une façon très hautement significative ($P = 0,00044$) l'émergence des adultes d'*A. obtectus* (Tab.8, Annexe.) et le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5% classe les 5 doses utilisées pour le paramètre émergence des adultes d'*A. obtectus* dans 2 groupes homogènes avec les doses $0\mu\text{l}$, $1\mu\text{l}$ et $6\mu\text{l}$ dans le groupe A, et les doses $12\mu\text{l}$ et $18\mu\text{l}$ dans le groupe B (Tab.9, Annexe).

Nos résultats sont en accord avec les travaux de plusieurs auteurs comme SEDDI et SELLAH (2015). Ces auteurs ont montré que l'huile essentielle d'eucalyptus et de pin sylvestre réduisent nettement le nombre de descendants comparativement à la série témoin, qui est en moyenne de $33,29 \pm 2,68\%$. Ce paramètre subit une diminution importante dès la plus faible dose ($0,2\mu\text{l}$) et devient nul dès la dose $0,6\mu\text{l}$ pour l'huile essentielle d'eucalyptus; il est de $16,75\%$ à la dose de $2\mu\text{l}$ et 4% à la dose de $8\mu\text{l}$ pour l'huile essentielle de pin sylvestre. Il semblerait que l'huile essentielle de pin maritime est moins toxique que celle du pin sylvestre puisque ce n'est qu'à partir de $12\mu\text{l}$ que les taux d'émergence s'annulent.

GOUCEM-KHELFANE (2014) a montré que les huiles essentielles de mandarinier, citronnier, lavande et eucalyptus montrent des taux de survie des œufs d'*A. obtectus* les plus faibles avec des valeurs respectives de $2,77 \pm 3,20$, $6,19 \pm 5,15$, $7,56 \pm 4,60$ et $16,23 \pm 3,16$ à la dose de $6\mu\text{l}$.

HEDJEL-CHEBHEB (2014) a montré que le taux de viabilité des œufs de *C. maculatus* diminue à la dose de 6,5ul/50g, puis s'annule à la dose 12,5ul/50g pour l'*E. lehmanii*, *E. astringens* et *E. maidennii*. Ce qui est comparable à nos résultats. Par contre aucune descendance n'est obtenue dans les lots traitées avec l'huile essentielle de *P. halepensis* à partir de la dose de 25ul/50g, une légère diminution est enregistrée des la plus faible dose utilisée 6,5 et 12, 5 respectivement 93,83% et 87,87%, alors que l'huile essentielle de pin maritime montre des résultats similaires des la dose 12 μ l.

TALEB-TOUDERT (2015) a enregistré un taux de viabilité des œufs de *C. maculatus* de 0% dans les lots traitées par les huiles d'*E. radiata* et *E. globulus* dès la plus faible dose (4ul).

De même IHIDOUSSENE et OUENDI (2009) ont montré que les traitements effectués avec les huiles essentielles de Citronnier et de Mandarinier réduisent nettement le nombre de descendants d'*A. obtectus* comparativement à la série témoin, qui est en moyenne de 35 individus ce qui correspond à un taux de 25,13%, et s'annulent complètement à la dose (8ul) pour les deux huiles.

BOUCHIKHI TANI et al. (2008) ont constaté que les taux d'émergences d'*A. obtectus* sont nuls dans les graines traitées par les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* et d'*Artemisia herba alba* à une dose supérieure ou égale à 5ul/30 g de graines de haricot, ce qui signifie que la ponte est complètement inhibée.

D'autre part, HAMAI et al. (2006) constatent que les huiles essentielles de Citron et de Citronnelle montrent des taux décroissants de viabilité des adultes de *C. maculatus* qui s'annulent à la dose 0,0025ml.

1.5. Action sur la perte en poids des graines

La perte en poids des graines de *P. vulgaris* présentée des la figure 23, est proportionnelle au nombre d'individus émergés. La perte en poids la plus élevée (5,96 \pm 3,296%) est notée dans les échantillons témoins (non traitées) où les taux d'émergence sont plus élevés aussi. Elle subit une légère diminution pour enregistrer un taux de 5,56 \pm 1,47% à la dose 1 μ l. Elle subit une diminution pour enregistrer un taux de 1,71 \pm 1,517% à la dose 6 μ l et s'annule à partir de la dose 12 μ l.

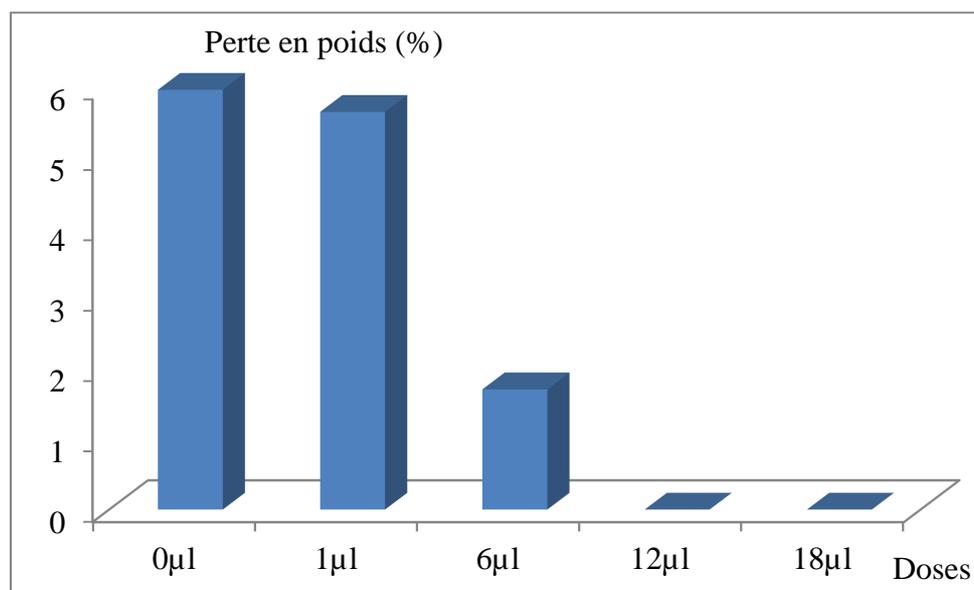


Figure 23. Perte en poids (%) des graines du haricot en fonction des doses de l'huile essentielle de pin maritime utilisée par contact.

L'analyse de la variance révèle qu'il ya une différence très hautement significative pour les 5 doses utilisées ($P = 0,00022$) en ce qui concerne la perte en poids des graines de *P. vulgaris* (Tab.10, Annexe). Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les 5 doses l'huile utilisées pour le paramètre perte en poids des graines dans 2 groupes homogènes plaçant le témoins et la dose 1µl dans le groupe A avec les valeurs de pertes en poids les plus élevées (Tab.11, Annexe).

La majorité des travaux antérieurs ont montrée que les traitements par les huiles essentielles contre les Bruchidés réduisent les pertes en poids des grains de légumineuses.

Nos résultats sont en accord avec ceux de SEDDI et SELLAH (2015) qui ont montré que la perte en poids des graines de *P. vulgaris*, est proportionnelle au nombre d'individus émergés, en fait, elle est plus élevée dans les échantillons témoins avec une moyenne de $31,8 \pm 0,34\%$. Elle subit une forte diminution 6% à la dose 0,2µl et s'annule à la dose de 0,6µl pour l'huile essentielle d'eucalyptus. Une légère diminution de la perte en poids est enregistrée pour l'huile essentielle de pin sylvestre, elle est de 12,7% et 5,3% respectivement à la dose de 2µl et 6µl et 3,12% à la plus forte dose qui est de 8µl. L'huile essentielle de pin maritime montre une perte en poids plus faible de l'ordre de 1,71% à la dose 6µl.

De même, HAMDANI (2012) a constaté que la perte en poids des graines est proportionnelle au nombre d'individus émergés d'*A. obtectus*. En fait, elle présente la valeur la plus élevée dans les lots témoins (bruches) avec une moyenne de $8,25 \pm 0,64g$, puis elle subit des diminutions à 3,75g, 5,25g, 5g, 1,75g respectivement pour l'huile de Citronnier, de l'Oranger, de Pamplemoussier et du Bigaradier.

DJEDDI et SAID OUAMER (2016) ont constaté aussi des résultats similaires sur *C. maculatus*. La perte en poids des graines de *V. unguiculata* traitées par l'huile d'olives est plus élevée dans les témoins à cause du développement des larves à l'intérieur des graines, avec une moyenne de 25% puis elle subit une diminution à 19,33% pour la dose (0,2ml) et elle s'annule à la dose de 0,4ml pour les deux huiles de Ouacif, qu'elle soit cueillie sur arbre ou ramassée sur le sol.

HEDJEL-CHEBHEB (2014) a montré qu'au fur et à mesure que la dose des huiles essentielles d'*E. lehmanii*, *E. astringens*, *E. maidenii* et *E. cinerea* augmente, le poids initial des graines de *V. unguiculata* est préservée et cela à partir de la dose de 50ul/50g comparativement aux lots témoin où la perte est de 50%. Pour les lots traitées avec l'huile essentielle de *P. halepensis* aucune perte en poids significative n'a été enregistrée dès la dose de 50ul/50g. L'huile essentielle de pin maritime enregistre des résultats semblables mais à partir de la dose 12 μ l.

GOUCEM-KHELFANE (2014) a montré que le poids des graines de *P. vulgaris* est protégé dans les lots traités avec l'huile essentielle d'eucalyptus à la dose de 8 μ l.

Pour sa part, AIBOUD (2011) a traité les graines du niébé avec les huiles essentielles extraites du myrte, du thym, de l'origan, de l'eucalyptus, du bois d'Inde et des clous de girofle en vue d'estimer la perte en poids occasionnée par les adultes de *C. maculatus*. Les résultats montrent que les différentes huiles testées ont une action très hautement significative sur la réduction des pertes en poids des graines exposées aux bruches en fonction des doses et du type d'huile essentielle utilisée.

1.6. Action sur la faculté germinative des graines

Les résultats du test de germination des graines de *P. vulgaris* présentés dans la figure 24 montrent que les lots témoins des graines bruchées, enregistrent le taux de germination le plus faible qui est de $61 \pm 2\%$, l'équivalent de 15, 25 graines germées pour chaque boîte. La germination des graines attaquées par larves d'*A. obtectus*, est observée.

Les graines de *P. vulgaris* traitées à la dose de 12 μ l et 18 μ l ont un pouvoir germinatif estimé à $96 \pm 3,266\%$ et $97 \pm 5,033\%$ respectivement. A la dose 1 μ l et 6 μ l il est estimé à la valeur moyenne de $92 \pm 2\%$ et $93 \pm 6,831\%$ respectivement. Ces résultats montrent que plus les doses augmentent, plus la faculté germinative des graines du haricot est préservée.

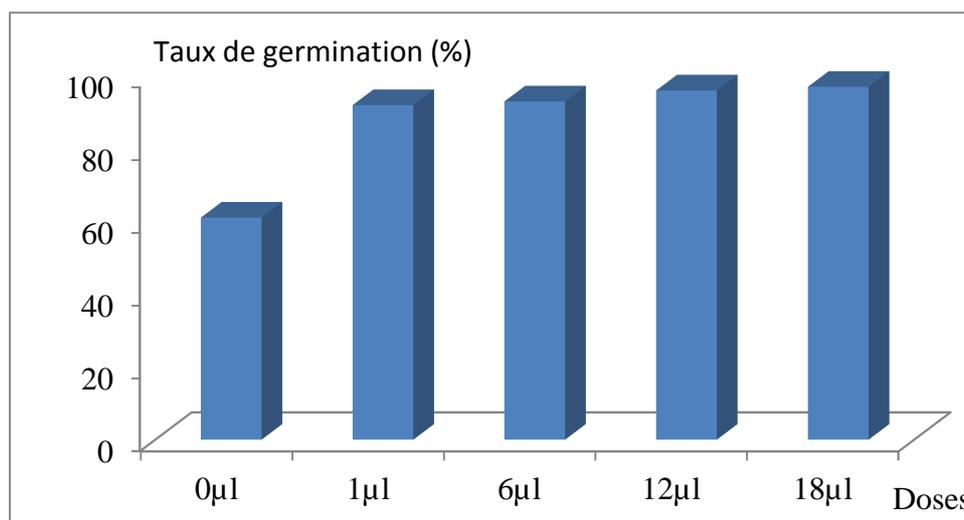


Figure 24. Taux de germination des graines du haricot en fonction des doses de l'huile essentielle de pin maritime utilisée par contact.

L'analyse statistique révèle qu'il y a une différence très hautement significative pour les doses utilisées ($P = 0$) en ce qui concerne la germination des graines du haricot (Tab.12, Annexe) et le test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification 5% classe les 5 doses d'huile de pin maritime pour le paramètre germination des graines dans 2 groupes homogènes plaçant le témoin dans le groupe B (Tab.13, Annexe).

Nos résultats montrent que, dans les lots traités à l'huile essentielle de pin maritime, les graines ont marqué un taux de germination important dès les plus faibles doses ce qui suggère qu'elles permettent une protection des graines et de leur pouvoir germinatif.

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par SEDDI et SELLAH (2015) qui ont montré que le taux de germination est de $69,50 \pm 4,28\%$ à la dose la moins élevée ($0,2\mu\text{l}$) et il est de $94 \pm 2,38\%$ à la dose la plus élevée ($0,8\mu\text{l}$) pour l'huile essentielle d'eucalyptus. Il est de 53%, 66%, 70% et 78% respectivement pour la dose de $2\mu\text{l}$, $4\mu\text{l}$, $6\mu\text{l}$ et $8\mu\text{l}$, pour l'huile essentielle de pin sylvestre. L'huile essentielle de pin maritime enregistre des taux plus élevés de la faculté germinative de l'ordre de 93% à la dose $6\mu\text{l}$.

DJEDDI et SAID OUAMER (2016) ont montré que la faculté germinative des graines de niébé traitées avec les différentes huiles d'olive aux différentes doses ($0,1\text{ml}$, $0,2\text{ml}$, $0,4\text{ml}$), est plus élevée comparativement aux graines des lots témoins. Le pourcentage le plus faible est enregistré avec le témoin avec un taux moyen de germination de 15,5% seulement.

GOUCEM-KHELFANE (2014) a testé le pouvoir germinatif des graines du haricot traitées avec les huiles essentielles extraites de cèdre, eucalyptus et laurier noble : celles-ci permettent une protection du pouvoir germinatif des graines dont les taux sont de $73,42 \pm 1,30$; $72 \pm 3,26$ et $63 \pm 1,5\%$ respectivement.

HEDJEL-CHEBHEB (2014) a montré que les graines de *V. unguiculata* traitées avec des différentes doses des l'huiles essentielles de quatre espèce d'eucalyptus ont une faculté germinative de 100% à partir de la dose de 12,5 μ l /50g pour *E. lehmanii* et *E. astringens* et de dose de 25 μ l/50g pour l'*E. maidniet E. cinerea* par contre à la plus faible dose 6,5 μ l, leur faculté germinative est significativement affectée, elle varie entre 33,5 et 71%, comparativement au témoin (100%). Après traitement à l'huile essentielle de *P. halepensis* le pourcentage de germination des graines est de 100% à la dose 75 μ l/50g.

HAMDANI (2012) a testé le pouvoir germinatif des graines du haricot avec les huiles essentielles extraites du Citronnier, de l'Oranger, du Pamplemoussier et du Bigaradier. Il a constaté que la faculté germinative des graines de haricot traitées avec les plus fortes doses des huiles essentielles est très élevée, étant donné que l'émergence des adultes d'*A. obtectus* est faible dans ces lots. Il a ainsi remarqué, qu'en augmentant la dose, la faculté germinative augmente ; à partir d'une dose de 4 μ l elle dépasse la valeur de 90% pour l'huile essentielle du Bigaradier.

TALEB-TOUDERT (2015) a montré que dans les traitements avec les huiles essentielles d'*E. radiata* et *E. globulus*, la faculté germinative des graines de *V. unguiculata* est de 100% dès la dose de 8 μ l et l'huile essentielle de *P. lentiscus* réduit, la faculté germinative des graines de *Vigna unguiculata* de façon très hautement significative moins de 34%.

IHIDOUSSENE et OUENDI (2009) ont montré que le pouvoir germinatif des graines saines est estimé à une valeur moyenne de 86%, par contre dans les lots des graines bruchées, le taux de germination est de 52%. Dans notre cas, le taux de germination des graines est beaucoup plus faible.

2. Effet par répulsion

Nous avons constaté que les taux de répulsion de l'huile essentielle de pin maritime aux doses 2 μ l, 4 μ l, 6 μ l, 8 μ l et 10 μ l sont respectivement de l'ordre de 85%, 90%, 95%, 100%, et 100% (Fig. 25).

D'après le tableau 11 le nombre de bruches augmente dans les parties traitées uniquement avec l'acétone est cela au fur et à mesure que la dose de l'huile essentielle utilisée augmente dans l'autre partie.

En s'appuyant sur la méthode de Mc DONALD et *al.* (1970), le taux moyen de répulsion de l'huile essentielle du pin maritime est de 94% ce qui nous permet de noter qu'elle appartient à la classe V par conséquent son effet est très répulsif.

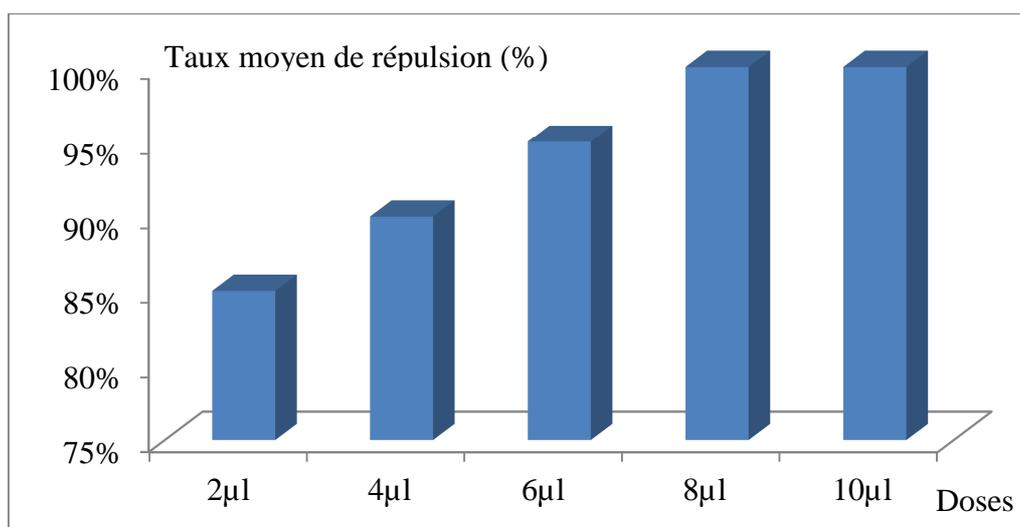


Figure 25. Taux moyens de répulsion des adultes d'*A. obtectus* pour l'huile essentielle de pin maritime en fonction des doses.

Tableau 11. Nombre moyen de bruches recensées dans les parties traitées et non traitées et le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle pin maritime.

Huile	Dose µl	Moyenne d'individus présents dans la		Pourcentage
		Partie traitée	Partie non traitée	
	2µl	0,75	9,25	85%
	4µl	0,5	9,5	90%
	6µl	0,25	9,75	95%
	8µl	0	10	100%
	10µl	0	10	100%
Taux moyenne de répulsion	94%			
Classe	V			
Effet	Très répulsif			

L'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas de différence significative pour le facteur dose ($P = 0,27604$) (Tab.14, Annexe).

Le traitement par répulsion montre que l'huile essentielle de *P. pinaster* est très répulsive vis-à-vis d'*A. obtectus*. L'effet répulsif de certaines huiles essentielles a été mis en évidence par de nombreuses études sur la bruche du haricot et d'autres bruches des stocks.

Ainsi SEDDI et SELLAH (2015) ont montré que le taux moyen de répulsion de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* est de 65,5% ce qui nous permet de noter qu'elle appartient à la classe IV par conséquent son effet est répulsif. Alors que l'huile essentielle de pin sylvestre a un taux moyen de répulsion de 47%, elle appartient donc à la classe IV avec un effet moyennement répulsif.

HEDJEL-CHEBHEB (2014) a montré que les huiles essentielles de différentes espèces du genre *Eucalyptus* sont très actives à l'égard de *C. maculatus* à partir de la dose de 75 μ l. Par contre l'huile essentielle du Cyprès de l'Atlas (*Tetraclinis articulata*) est très répulsive à partir de la dose de 6,5 μ l (80%). Celle de *P. halepensis* est modérément répulsive (60%).

Sion camperait l'effet répulsif de l'huile essentielle de pin maritime aux 2 autres huiles essentielles de pinacées il ressort qu'elle est la plus répulsive (94%) comparé à celui du pin sylvestre (47%) et du pin d'Alep (60%).

HAMDANI (2012) montre que le taux de répulsion le plus faible est enregistré avec l'huile de l'Orange douce avec une moyenne de 17,5%, alors que le plus élevé est enregistré avec l'huile de Bigaradier avec une moyenne de 70%. Les deux autres huiles ont montré des taux de répulsion moyens de 50% et 42,5% respectivement pour l'huile de Citronnier et de Pamplemoussier.

De même TALEB-TOUDERT (2015) à montré que les huiles essentielles d'*E. globulus*, *E. radiata*, *S. officinalis* se sont révélées comme les plus répulsives sur les adultes de *C. maculatus* avec un taux de 100% à la dose de 12 μ l.

IHIDOUSSENE et OUENDI (2009) ont conclu que l'huile essentielle de Citron a un effet relativement répulsif sur les adultes d'*A. obtectus* avec un taux moyen de répulsion de 43,75%.

De même HAMAI et *al.* (2006) ont mis en évidence l'effet répulsif de l'huile essentielle de citronnier et de lavande sur les adultes de *C. maculatus* avec un taux de répulsion de 63,75% et de 69,77% respectivement.

3. Effet par inhalation

D'après les résultats obtenus, qui sont représentés dans la figure 26, la mortalité moyenne des adultes d'*A. obtectus* augmente en fonction de la dose et de la durée d'exposition. Le pourcentage de mortalité dans les lots témoins, est de 3,25% enregistré après 96h d'exposition, par contre à la dose 6 μ l une mortalité de 100% est enregistrée après 48h. Après 24 heures, d'exposition à la dose de 18 μ l et 12 μ l, nous avons enregistré une mortalité

de 100% pour l'huile de pin maritime, par conséquent celle-ci à un effet par inhalation important sur la bruche du haricot.

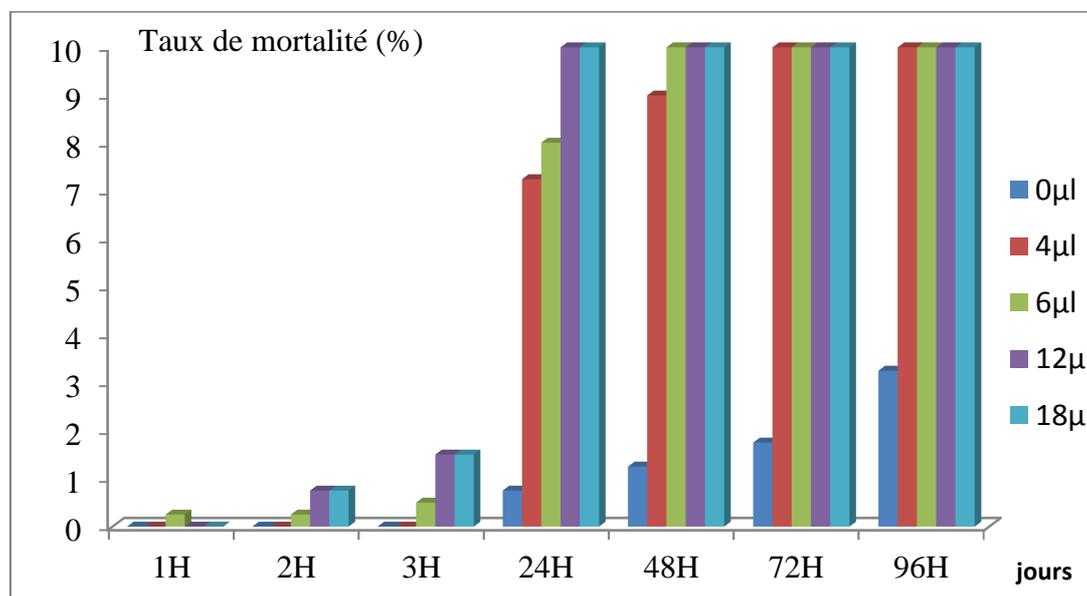


Figure 26. Mortalité (en %) des adultes d'*A. obtectus* traités par l'huile essentielle de pin maritime en fonction des doses et de la durée de traitement.

Pour l'huile testée, l'analyse de la variance à deux critères de classification révèle qu'il y a une différence très hautement significative pour le facteur dose ($P = 0,00013$), et pour le facteur temps ($P = 0$) (Tab. 15, Annexe)

Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de signification 5% classe les 5 doses d'huiles pour l'effet par inhalation dans 2 groupes homogènes, plaçant le témoin dans le group B (Tab.16, Annexe) et la durée d'exposition dans 2 groupes homogènes, où les durées de 1j et 3j sont placés dans le groupe B (Tab.17, Annexe).

L'huile essentielle de pin maritime exprime une importante toxicité par inhalation, en effet, elle réduit la durée de vie des adultes d'*A. obtectus* d'une manière très hautement significative au fur et à mesure que la dose et la durée d'exposition augmente. A la plus forte dose l'huile enregistre une mortalité totale d'*A. obtectus* après 24h d'exposition.

En Algérie, aucune étude n'a été réalisée sur l'effet insecticide de l'huile essentielle de *P. pinaster* sur les adultes d'*A. obtectus*. Cependant, nos résultats se rapprochent de certains travaux qui ont été effectués sur d'autres huiles dans le cadre de la lutte biologique contre ce ravageur.

SEDDI et SELLAH (2015) ont montré que les taux mortalité des adultes d'*A. obtectus* sont proportionnels aux deux facteurs dose et temps pour les deux huiles essentielles utilisées. Après 24 heures à la dose de 1,5 μ l, une mortalité de 100% est enregistrée pour l'huile essentielle d'eucalyptus. Pour l'huile essentielle de pin sylvestre, une mortalité de 100% est enregistrée après 4 jours d'exposition à partir de la dose de 6 μ l. Dans notre cas une mortalité de 100% est enregistrée après 24h et 48h d'exposition à partir de la dose de 12 μ l et 6 μ l respectivement de l'huile essentielle de pin maritime.

GOUCEM-KHELFANE (2014) a constaté que les huiles essentielles utilisées aux doses 0, 10, 30, 60 et 80 μ l /1L de volume d'air ont montré des taux de mortalités les plus élevés pour la menthe poivrée et la lavande (Lamiacées) ainsi que pour l'eucalyptus (Myrtacées) où une mortalité moyenne de 100% est enregistrée dès la plus faible dose (10 μ l) après une durée d'exposition de 72h.

HEDJEL-CHEBHEB (2014) a enregistré 100% de mortalité de *C. maculatus* après 24h d'exposition dans les lots traités avec l'huile essentielle d'*E. cinerea* à la dose de 25 μ l. KELLOUCHE et al. (2010) ont obtenu le même résultat avec l'huile essentielle d'*E. globulus* et *E. citriodora*, et cela à partir de la dose de 20 μ l/L après 24h d'exposition.

AMARI (2014) Dans les lots témoins la mortalité des adultes de *C. maculatus* est de 0% pour les deux temps d'exposition 24h et 48h. Les pourcentages d'adultes morts dans les lots traités avec les huiles essentielles Eucalyptus, Cèdre et Ciste sont dans l'ordre 77,5%, 70% et 60% à la dose 20 μ l et 48h d'exposition. Par contre l'huile essentielle de pin maritime les pourcentages d'adultes mort 100% à partir de la dose 6 μ l à la durée d'exposition 48h.

HAMDANI (2012) a montré que les taux de mortalité des adultes d'*A. obtectus* sont proportionnels aux deux facteurs dose et temps pour les quatre huiles essentielles d'agrumes utilisées. Le pourcentage de mortalité le moins élevé est enregistré pour l'huile essentielle de l'Oranger avec une moyenne de 18,33%, tandis que le plus élevé est noté pour l'huile de Bigaradier avec une moyenne de 79,27% sur l'ensemble des doses et des durées de traitement. En outre TALEB-TOUDERT (2015) a montré que les huiles essentielles d'*E. globulus* et *E. radiata* ont induit 100% de mortalité chez les adultes de *C. maculatus* après 96h d'exposition à la dose de 4 μ l/1 d'air. L'huile essentielle testées *P. lentiscus*, ont provoqué 100% de mortalité, après 24h d'exposition à la plus forte dose (16 μ l /1 air).

Conclusion

Cette étude porte sur l'évaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle extraite des rameaux fraîchement taillés du pin maritime sur la bruche du haricot.

A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons conclure que l'huile essentielle utilisée exprime une toxicité vis-à-vis des adultes d'*A. obtectus*, cette toxicité varie selon le type de test effectué (contact, inhalation et répulsion) et la durée d'exposition.

En effet, l'huile essentielle de pin maritime affecte les différents paramètres biologiques de la bruche du haricot notamment la longévité des adultes, la fécondité des femelles et l'émergence des adultes.

Il ressort de notre étude qu'au fur et à mesure que les doses bio-insecticides testées ainsi que la durée d'exposition augmentent, la longévité des adultes d'*A. obtectus* diminue.

A la plus faible dose (1 μ l), la longévité moyenne est de 8,25 jours après 7 jours d'exposition et à la plus forte dose (18 μ l), les bruches vivent moins de 24 h.

Il ressort aussi qu'au fur et à mesure que les doses bio-insecticides testées augmentent, la fécondité des femelles d'*A. obtectus* diminue. Elle est de 87,5 œufs/5femelle à la plus faible dose (1 μ l) et de 0 œufs/5femelle aux doses de 12 μ l et 18 μ l.

De même, le taux d'éclosion des œufs ainsi que le taux d'émergence des individus sont inversement proportionnels aux doses évaluées. L'huile essentielle de pin maritime s'est montrée efficace surtout aux doses de 12 μ l et 18 μ l où la moyenne des taux d'éclosion est nulle.

De plus, ces bio insecticides jouent un rôle de protection envers les graines de haricot car en augmentant les doses, la perte en poids des graines diminue jusqu'à ce qu'il soit négligeable aux plus fortes doses. Ceci s'explique par une réduction de l'intensité larvaire d'*A. obtectus* à l'intérieur des graines, l'huile essentielle de pin maritime enregistre l'effet le plus efficace à la dose de 12 μ l et 18 μ l.

L'utilisation des substances bio insecticides n'a pas affecté la faculté germinative des graines aux plus fortes doses. L'huile essentielle de pin maritime à la dose de 18 μ l s'est avérée très efficace avec un taux de germination maximal de 97 \pm 5,033%. Par contre, les graines bruchées ont montré le taux de germination le plus faible.

L'huile essentielle de pin maritime testée par répulsion sur les adultes d'*A. obtectus* s'est révélée très répulsive dès la plus petite dose testée qui est de 2 μ l.

Par ailleurs, nous constatons que le calcul du pourcentage de répulsion par la méthode de Mc Donald et al. (1970), permet d'avancer que l'huile essentielle de *P. pinaster* est très répulsive avec un taux moyen de répulsion de 94%.

Le traitement par inhalation avec l'huile essentielles est avéré efficace. La mortalité moyenne des adultes d'*A. obtectus* augmente en fonction de la dose et la durée d'exposition, le taux de mortalité maximal enregistré est de 100% à la dose de 12 μ l et 18 μ l après 24heures.

Il ressort globalement de notre étude que l'huile essentielle de pin maritime présente une toxicité sur les adultes d'*A. obtectus* et affecte considérablement leur reproduction notamment la fécondité. De ce fait, elle pourra constituer un moyen alternatif à la lutte par les insecticides classiques.

D'autres études doivent être effectuées pour compléter ce travail dans le but de mieux connaître la bruche du haricot *A. obtectus* et d'évaluer l'importance d'autres huiles essentielles pour lutter contre ce ravageur potentiel des graines de haricots dans les stocks. Des investigations supplémentaires pourraient être réalisées avant toute application de ces huiles à grande échelle afin de prévenir d'éventuels risques toxiques aussi bien pour l'environnement que pour la santé humaine et animale.

Références bibliographiques

- ALVAREZ N., 2004.** Plantes hôtes et organisation de la diversité des insectes phytophages, des radiations évolutives aux processus populationnel : le cas des bruches du genre *Acanthoscelides Schilsky* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de doctorat, Univ-Neuchâtel Univ. Montpellier II. 54p.
- ALVAREZ N., HOSSAERT-MCKEY M., RASPLUS J. Y., MCKEY D., MERCIER L., SOLDATI L., AEBI A., SHANI T., BENREY B., 2005.** Sibling species of bean bruchids : a morphological and phylogenetic study of *Acanthoscelides obtectus* Say and *Acanthoscelides obvelatus* Bridwell-*Journal of Zoological Systematic and Evolutionary Research*. 43: 29-37.
- AMARI N., 2014.** Etude du choix de ponte de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés d'haricot et de pois-chiche, et influence de quelques huiles essentielles (Cèdre, Ciste et Eucalyptus) sur activité biologique de l'insecte. Mémoire de Magister en science Biologiques. Option Ecologie.U.M.M.T.O. 84p.
- ANONYME, 1995.** Portraits de légumes : les atouts nutritionnels des légumes. Tout savoir sur les légumes, lassante et la nutrition. Lien. www.fondation-louisbonduelle.org.
- ANONYME, 2005.** L'alliance santé par les haricots. [Http: //www.northavest bean.org/](http://www.northavest-bean.org/)
<http://www.infovisual.info/01/020-fr.html>
- ANONYME, 2006.** Des variétés de haricot destinées aux régions tropicales humides : réalité ou fiction. Les Temps forts-présentent les résultats des travaux de recherche menés en Afrique par le CIAT et ses partenaires et les conséquences politiques qui en découlent. (34) : 54
- ANONYME, 2003.** Le Pin Maritime *Pinus pinaster* Ait pinacée. Fondation d'Entreprise pour la Protection et la Bonne Utilisation du Patrimoine Végétal 15, Rue Théron-Périer - 81106.
- AIBOUD K., 2011.** Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) et impacts des traitements sur la germination des graines de *Vigna unguiculata*, Mémoire de Magister en Sciences Biologiques. Option. U.M.M.T.O. 58p.
- AVIDOU Z., APPLEBAYNS S. W. et BERLINGES M. J., 1965.** Physiological aspects of host specificity in the Bruchidae on positional preference and behavior of *Callosobruchus chinensis* L. *E.N.T. EXP and appl*. Pp 96-106.
- BACHI B., MAHMOUDI N., 2017.** L'effet insecticide de l'huile essentielle du pin maritime (*Pinus pinaster*) sur la longévité des adultes mâles de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* durant la période de diapause. Mémoire de Master en Science biologiques. U. M. M.T.O. 44p.
- BAHRI H., 2016.** Légumineuses des graines nutritives pour un avenir durable. ISBN 978-92-5-209463-0. Organisation des Nation Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture. 189p.

- BALDIN E. I. L., LARA F. M., 2008.** Resistance of stored bean varieties to *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae)-Insect Science. 326p.
- BALON N. et KIMON H., 1985.** Nutrition azotée des légumineuses : Nitrogène nutrition of légumes. Institut National de Recherche Agronomique. 28p.
- BARGAZ A., 2012.** Caracterisation Agrophysiologique Et Biochimique De Symbioses Haricot (*Phaseolus vulgaris*)-Rhizobia Performantes Pour La Fixation Symbiotique De L'Azote Sous Déficit En Phosphore. Thèse pour doctorat d'état. Université CADI AYYAD. Faculté des Sciences et Techniques MARRAKECH. 146p.
- BAUDOIN J. P., 2001.** Contribution des ressources phylogénétiques à la sélection variétales de légumineuses alimentaires tropicales. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 5(4) : 230
- BAUDOIN J. P., DEMOL J., LOUANT B. P., MARECHAL R., MERGEAI G., OTOUL E., 2002.** Amélioration des plantes : Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Les Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique. 580p.
- BALACHOWSKY A., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture, Tome I. Les Coléoptères. Ed. Masson et Cie éditeurs, Paris VI^{ème}. 494p.
- BENREY B., CALLEJAS A., RIOS L., OYAMA K. et DENNO R. F., 1998.** The effects of domestication of Brassica and Phaseolus on the interaction between phytophagous insects and parasitoids. *Biological Control.* 11: 130-140.
- BEWLEY J. D., BLACK M., 1994.** Seeds: Physiology of development and germination. Plenum Presse, New York, London Second Edition. 445p.
- BONNEMAISON L., 1962.** De levenswijze en de bnestrijding van de bonekever *Acanthoscelides obtectus* Say (Mededeling). Meded. Dir. Tuinb. (143): 899
- BOUCHIKHI-TANI Z., 2006.** Bio-efficacité de la substance des feuilles de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* sur les différents états et stades de développement du bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de Magistère en Biologie. Option Ecologie Animale. Faculté des sciences. Université Abou Baker BelKaid Tlemcen. 87p.
- BOUCHIKHI-TANI Z., BENDAHOU M. et KHELIL M. A., 2009.** Lutte contre la bruche *Acanthoscelides obtectus* et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par deux huiles essentielles extraites de deux plantes aromatique d'Algérie. Libanaise Science Journal. 11(1) : 55-68.
- BOUCHIKHI-TANI Z., 2011.** Lutte contre la bruche *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera : Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Le pidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. Thèse. Doctorat. En Bio. Eco. Univ. Tlemcen. 169p.

- BOUCHIKHI-TANI Z., HASSANI F. et KHELIL M. A., 2008.** Bioefficacy of essential oils extracted from the leaves of *Rosmarinus officinalis et Artemisia herba-alba* towards the bruche bean *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 2(1): 165-170.
- BOUGHDAD A., GILLON Y. et GAGNEPAIN C., 1986.** Influence des téguments des grains murs du *Vicia faba* sur la développement larvaire de *Callosobruchus maculatus*, *Entomologie. Exp. Appl.* Pp210-223.
- BOYELDIEN J., 1991.** Produire des grains oléagineux et protéagineux, *Agriculture d'aujourd'hui, sciences techniques et application*. Ed, Lavoisier-TEC et DOC. 219p.
- BROUGHTON W. J., 2003.** Roses by Other Names : Taxonomy of the *Rhizobiaceae*. *J Bacteriol* 185: 2975-2979.
- CAILLET S. et LACROIX M., 2008.** Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire. Rapport de Laboratoire de Recherche en Science Appliquées à l'Alimentation (RESALA). INRS-Institut Armand-Frappier. 8p.
- CASWELL G. H., 1960** -The infestation of cowpeas in the Western region of Nigeria *Trop. Sei*, Pp 154-158.
- CAVAILLES E., 2009.** La relance des légumineuses dans le cadre d'un plan protéine : quels bénéfices environnementaux ? Etudes et documents. Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable. Commissariat général au Développement Durable de la France. (15) : 44
- CHAUX C. L. et FOURY C. L., 1994.** Production légumière, tome III, légumineuses potagères, légumes fruits. Edition Lavoisier, Paris. 854p.
- CHIASSEON H. et BELOIN N., 2007.** Les huiles essentielles des biopesticide (nouveau genre). *Bulletin de la Société d'entomologie du Québec, Antenne*. 14(1) : 1-6.
- COUDERC V. L., 2001.** La toxicité des huiles essentielles. Thèse de doctorat en sciences vétérinaires a l'Université de Paul- Sabatier de Toulouse. 89p.
- CSEKE J. et KAUFMAN P. B., 1999.** How and why these compounds are synthesized by plants. *Natural products from plants*. CRC Press, Boca Raton FL. Pp 37-90.
- CRONQUIST A., 1981.** An integrated system of classification of flowering plants. New York Columbia University Press. 1262p.
- DAGMELIE P., 1975.** Théories et méthodes statistiques. Les presses agronomiques de Gembloux. 2 : 245-249.

- DAVEY K. G., 1970.** Copulation and oogenesis in *Rhodnius prolixus*. In "Influence des stimuli externes sur la gamétogenèse des insectes. C.N.R.S.Ed. Pp249-256.
- DEBOUCK D. G., 1999.** Diversity in *Phaseolus* species in relation to the common bean. In: Singh, S.P. (ed.) Common bean improvement in the twenty-First century. Kluwer Académique Publisher, Dordrecht, Boston, London. Pp25-52.
- DELOBEL A., 2008.** Les bruches Insectes 15(150) : 1- 4.
- DELOBEL A. et TRAN N., 1993.** Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, Paris. 424p.
- DEMOL J., 2002.** Amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Les Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgium. Pp351-392.
- DESMARES C., LAURENT A. et DELERME C., 2008.** Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles- Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles- Ed. afssaps Agence Française de sécurité sanitaire des produits de santé. 18p.
- DIAW N. F., 2002.** Utilisation des Inoculum de *Rhizobium* pour la culture du haricot (*Phaseolus Vulgaris*) au Sénégal. Thèse de docteur de 3^{ème} cycle de biologie végétale. Université cheikh Anta Diop Dakar Faculté des sciences et techniques. 97p.
- DILLON J. C., 1985.** Les légumineuses alimentaires en Afrique. Colloque par l'université de Nancy. Institut National Agronomique Grignon, France. 303p.
- DJEDDI S., 2012.** Les huiles essentielles « des mystérieux métabolites secondaires ». Presses Académiques Francophones. 265p.
- DJEDDI et SAID-OUAMER, (2016) :** Caractéristiques physico-chimiques et l'activité biologique de l'huile d'olive à l'égard de la bruche du niébé (*C. maculatus*). Mémoire de Master en sciences Biologie en Oléiculture- Oléotechnie. 67p.
- DOMINIQUE M., 2007.** Le pin maritime. La forêt notre savoir faire. Ed. Institut pour le développement forestier. Paris. 4p.
- DON-PEDRO K. N., 1985.** Toxicity of some Citrus peels to *Dermistes maculatus* Deg. And *Callosobruchus maculatas* (F). *Journal of stored products research* 21(1): 31-34.
- DOUCET R., 1992.** La science agricole : climat, sol et production végétale du Québec. Deuxième édition revue. Ed. Berger. 653p.
- EL KALAMOUNI C., 2010.** Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi- Pyrénées. Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse. 283p.

- ENAN E., 2000.** Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*. 30 (3): 325-337.
- ENAN E., 2005.** Molecular response of *Drosophila melanogaster* tyramine receptor cascade to plant essential oils. *Insect biochemistry and molecular biology*. 35 (4) : 309-321.
- FANNY B., 2008.** Effet Larvicide des huiles essentielles sur *Stomoxys calcitrans* à la Réunion. Thèse pour obtenir le grade de Docteur vétérinaire. Université Paul-Sabatier de Toulouse. 78p.
- FAO 2016.** Les légumineuses au service d'un meilleur équilibre nutritionnel et de systèmes alimentaires sains en Europe et en Asie centrale - 2016, Année internationale des légumineuses. Conférence régionale de la FAO pour l'Europe. Trentième session, Antalya turque. 20p.
- FAO 2004.** Perspective de l'alimentation n°2, une production mondiale, Département économique et social.
- FAO 2013.** <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx/PageID=567#ancor>.
- FATOU N. D., 2002.** Utilisation des inocula de *Rhizobium* pour la culture du haricot (*Phaseolus vulgaris*) au Sénégal. Thèse de doctorat en biologie végétale. Université Cheikh Anta Diop DAKAR. 2002. 112p.
- FRENOT M., VIERLING E., 2001.** Biochimie des animaux. Diététique du sujet bien portant. Science des aliments. 2eme Ed. Dion. Pp79-102.
- GEERTS P., TOUSSAINT A., MERGEAI G., BAUDOIN J. P., 2011.** Phaseolus immature embryo rescue technology. *Methods In Molecular biology* clifton. 710. Pp117-129.
- GEPTS P., FRANCISCO J. L., ARAGAO EVERALDO de BARROS, MATTHEW W., BLAIR, ROSANA, BRONDANI, 2008.** Genomics of *Phaseolus* Beans, a Major Source of Dietary Protein and Micronutrients in the Tropics, *In*: P.H. Moore, R. Ming (eds.), *Genomics of Tropical Crop Plant*. Springer. Pp113-143.
- GOIX J., 1986.** Défense des cultures. *Phytoma*. 382 : 48-49.
- GORDON M. M., 2000.** Haricots secs : Situation et perspectives. *Canada*. 13(16) :1-6.
- GORDON M., 2002.** Haricots secs : situation actuelle perspectives. *Le bulletin bimensuel. Agriculture et agro-alimentaire Canada*. 4p.
- GOUCEM-KHELFANE K., 2014.** Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la bruche de haricot *Acanthoselides obtectus* Say (Choleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) et comportement de ce ravageur vis-à-vis des composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolus vulgaris* L.). Thèse de

Doctorat d'Etat en Sciences Biologiques, spécialité Ecologie et Biologie des populations. U.M.M.T.O. 144p.

GUEYE M., SECK D., WATHELET J., et LOGNAY G., 2010. Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* Pp183-194.

GUIGNARD J. L., 1998. Botanique, Ed. Masson. 159p.

GUIGNARD J. L., DUPONT F., 2004. Botanique : systématique moléculaire. 13^{ème} Ed. Masson, Paris. 237p.

GUY P., 1985. Nutrition azotée des légumineuses. *Les colloques INRA.* Versailles, France. 37 :79-99

HAMAI K., HARMA K. et KACIMI F., 2006. Effet de cinq huiles végétales sur l'activité biologique du bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae) Mémoire d'Ing. En Biologie U.M.M.T.O. 67p.

HAMDANI D., 2012. Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du Haricot, *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de Magister en sciences Biologie. Option Ecologie. U.M.M.T.O. 126p.

HEDJEL-CHEBHEB M., 2014. Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et plantes aromatiques de provenance Algérienne et Tunisienne. Etude de leur activité biologique à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées *Callosubruchus maculatus*. F. 1775 (Choleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Biologiques, spécialité Entomologie appliquée. U.M.M.T.O. 99p.

HOPQUIN B., 1994. Lisses, rides, sucres colores tous les pois sont dans la nature. 86 :10-11. Unité informations, In *PELT JM*, 1993, Des légumes. Pp165-170.

HOPQUIN B., 1997. Légumes d'industrie : le renouvellement des variétés en 1996. *Unilet- Informations.* 96 : 8-11.

HOSSAERT-MCKEY M. et ALVAREZ N., 2003. Influence de facteurs écologiques sur la répartition de deux espèces jumelles de ravageurs du haricot, Centre d'Ecologie' Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier.

HORTITECNEWS, 2015. La production mondiale d'haricot vert. Source : hortoinfo.es
Étiquettes : [haricot Maroc production rendement Superficie tonnage](#).

HUBERT P., 1978. Recueil de fiches technique d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antananarivo, BD PA. Pp1-6.

- HUETE A., 2012.** Huiles essentielles pour tous les jours- le bon réflexe-. Ed Artémis, Losange, Chamalières, France. 223p.
- HUIGNARD J., GLITHO I. MONGE J. et REGNAULT-ROGER I., 2011.** Insectes ravageurs des grains de légumineuses. Biologie des Bruchidea et lute raisonnée en Afrique. Edition Qua. France. 147p.
- HUIGNARD J., THIBOUT E., BIEMONT J. C., 1986.** Synchronisation of the reproductive cycle of some phytophagous insects by their horst plant. Its adptive significance. In M. Porchet, JC Andries et A. Dhainaut (eds.): Advances in Invertebrate Reproduction. Elsevier, Amsterdam. Pp425-432.
- IBRAHIMA C., 2006.** Activité de renforcement de la commercialisation agricole la filière haricot vert extra fin de guinée : situation actuelle et perspectives de développement en exportation. USAID /Guinée, NRM SO. (29) : 28
- IHIDOUSSENF et OUENDI., 2009.** Effet des huiles essentielles de Citrus Limonum et Citrus reticulata sur l'activité biologique de la bruche de haricot : *A. obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire d'ing en biologie U.M.M.T.O. Pp43-59.
- ISMAN B., 2000.** Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection. 19: 603-608.
- JILANI G., SAXENA R.C., 1990.** Repellent and feeding deterrent effects of turmeric oil sweetflag oil, neem oil and a neem based insecticide against lesser grain borer (Coleoptera, Bostrychidae). *Journal of Economic Entomology*. 83: 629-634
- JOHNSON C. D., SOUTHGATE B. J., DELOBEL A., 2004.** A revision of the Caryedontini (Coleoptera: Bruchidae: Pachymerinae) of Africa and the Middle East. Mem. Amer. Entomol. Soc. 44: 1-120
- KASAMBALA S., HENDRY A. M., 1986.** Comment protéger les haricots en stock contre les charançons. CIAT 40 :1
- KASSEMI N., 2006.** Relation entre un insecte phytophage et sa principale plante hôte : cas de la bruche du haricot (*Acanthoscelides obtectus*) (Coleoptera : Bruchidae). Mémé De Magister en Ecologie Animale, Univ. Tlemcen, Algérie. 93p.
- KEANE S. et RYAN M. F., 1999.** Purification, characterization and inhibition by monoterpenes of acetylcholinesterase from the waxmoth, *Galleria mellonella* L. Insect biochemistry and molecular biology. 29 (12): 1097-1104.
- KEITA S. M., VINCENT C., SCHMIDT J. P., ARNASON J. T. et BELANGER A., 2001.** Efficacity of Essential oil of *O cimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an *Bruchus maculatus* (fab) J. Stored Prod. Res. 37: 339-349.

- KEITA S. M., VINCENT C., SCHMIDT J. P., ARNASON J. T., 2001.** Insecticidal effect of *Thuja occidentalis* (Cupressaceae) essential oil on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*. 36(4): 355-364.
- KELLOUCHE A., AIT-AIDER F., LABDOUI K., HAMADI N., OURAMDANE A., FREROT B. et MELLOUK M., 2010.** Biological activity of ten essential oils against cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). *Int. J. Integ. Boil.* 10(2): 86-89.
- KELLOUCHE A., 2005.** Etude de la bruche du pois chiche, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) : Biologie, physiologie, reproduction et lutte. These. Doc d'Etat. Univ. Tizi-ouzou, Algerie. 154p.
- KELLOUCHE A. et SOLTANI N., 2004.** Activité biologique des poudres de cinq plantes et l'huile essentielle d'une d'entre elles à l'égard de *Callosobruchus maculatus*. *International journal of tropical insect*. 24(1) : 184-191
- KERGOAT G. J., 2004.** Le genre *Bruchidius* (Coleoptera, Bruchidae). Un model pour l'étude des relations évolutives entre les insectes et les plantes. Thèse de Doctorat à Université Paris 6-PIERRE et MARIE CURIE. 201p.
- KHELIL M. A., 1977.** Influence de la chaleur utilisée comme moyen de lutte contre la bruche de haricot *A. obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae) sur les différents états et stades de développement. Mem. d' Ing en Agronomie, INA. Pp14-26.
- LABEYRIE V., 1966.** Importance de l'intégration des signaux fournis par la plante hôte lors de la ponte des insectes. L'année psychologique. Laboratoire de Biologie animale, C.S.U., Tours. 66 : 1-14.
- LABEYRIE V., 1962.** Les *Acanthoscelides obtectus*, entomologie appliquée à l'agriculture dans : BALACHOWSKY. T1.Ed. Masson pub l. Paris. Pp469-484.
- LABEYRIE V., 1981.** Rencontre des sexes d'*A. obtectus* Say insecte Coléoptères : Bruchidae dans des univers expérimentaux monotones. *Biology of behaviour*. Pp59-71
- LATATI M., 2015.** Modélisation de la dynamique du carbone et de l'azote dans le système d'association légumineuses-céréales : Rôle fonctionnel de la symbiose *rhizobienne* dans le contrôle de la biodisponibilité du phosphore dans la *rhizobienne*. Thèse de Doctorat en science Agronomique. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach-Alger. 191p.
- LANMONNIER R., 1979.** Cultures légumières et maraichères, Encyclopédie agricole.Tome III.Ed.J.-B.Baillières, Paris. 226p.
- LORINI I. 1998.** Contrôle integrado de prépas de graos armazenados. Embrapa, *Passo Fund.* 119p.

- MALLAMAIRE A., 1968.** Les bruches des légumineuses au Sénégal. O.R.S.T.O.M. collection de référence. NB/2566.
- MARECHAL R., MASCHERPA J. M., STAINIER F., 1978.** Etude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genres *Phaseolus* et *Vigna* sur la base de données morphologiques et polliniques traitées par l'analyse informatique. Boisera 28: 273.
- MC DONALD L. L., GUY R. H., SPEIRS R. D., 1970.** Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents, and attractants against stored product insects. Marketing Research Report. Washington: Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture. (882):183.
- MESSIAEN C.M., 1992.** L'intérêt de lignées collectées en Haïti pour l'amélioration variétale du haricot grain. Agronomie 12 : 503-513.
- MUSHAMBANYI T. M., BALEZI N., et MUSAKAMBA M., 2005.** L'utilisation des poudrages de plantes médicinales dans la lutte contre les bruches du haricot au Kivu. PABRA Millennium Workshop. Novotel Mount Meru, Arusha. Pp197-205.
- MULTON J. L., 1982.** Conservation et stockage des grains et des graines et produits dérivés. Céréales, oléagineux, protéagineux, aliment pour animaux. Ed. Tec et Doc Lavoisier. 57p.
- NDEYE F. D., 2002.** Utilisation de l'inoculum de *rhizobium* pour la culture du haricot (*Phaseolus vulgaris*) au Sénégal. Thèse de docteur de biologie végétale. Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal. 97p.
- NGAMO L. et HANCE T., 2007.** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. Tropicultura. Pp215-220.
- NYABYENDA P., 2005.** Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afriques, légumineuses alimentaires, plantes à tubercules et racines céréales. Ed Les Presses Agronomiques de Gembloux. 223p.
- OUAHID., 2001.** Etude comparative de la croissance de trois espèces forestières : *Pinus pineal.*, *Pinus pinaster* Ait et *Pinus camariensis* chosmith-Aspect éco-dessdrométrie zanndouche, ouahid These Magister. 94p.
- OUCHEKDHDH-OURLISSENE. O., 2014.** Effets biocides des poudres et des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae) Mémoire de Magister en Sciences Biologiques. 95p.

- OUEDRAOGO I., TRAORE N. S., GUENDA W. et DABIRE L. C. B., 2010.** Influence des plantes hôtes sur la fécondité et le développement larvaire de la bruche de l'arachide *Caryedon serratus* Olivier (Coleoptera : Bruchidae) au Burkina faso. Joureal of Applied Biosciences 31 : 1906 - 1915. ISSN 1997 - 5902. 10p.
- OUEDRAOGO P. A., 1978.** Etude de quelques aspects de la biologie de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera, Bruchidae) et de l'influence des facteurs extrêmes stimulants (plante hôte et copulation) sur l'activité reproductrice de la femelle. Thèse de doctorat. Université Paul SABATIER de Toulouse (sciences). 134p.
- PARKER H. L., 1957.** Notes sur quelques Bruches et leurs parasites élevés des graines de Légumineuses. Bull. Soc. Ent. Fr. 62 : 168-179.
- PERRIS F., 1874.** Biologie de quelques coléoptères-Ann. SOC. Ent. France. 171p.
- PERON J. Y., 2006.** Production légumières. 2ème édition. Lavoisier. 389p.
- PIBIRI M. C., 2005.** Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse de doctorat de l'Institut des infrastructures, des ressources et de l'environnement-section d'architecture-E'cole Polytechnique Fédérale de Lausanne, France. 177p.
- PICHARD B., LEROI B. et BONET A., 1991.** Comparaison des cycles d'*A. obtectus* et *A. obvelatus* (Coleoptera : Bruchidae) à Tepoztlan Mexique. Acta Oecologica 122 : 185-201.
- POUZAT J., 1974.** Analyse expérimentale du rôle de l'ovitube dans le comportement de ponte de la bruche du haricot (*Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera, Bruchidae)). Behaviour, LIV 3-4. 21p.
- REGNAULT-ROGER C., BERNARD J. R. et PHYLOGENE C. V., 2002.** Bio pesticides d'origine végétale. Tec et Doc Eds, Paris. 337p.
- REGNAULT-ROGER C., et HAMRAOUI A., 1997.** Lutte contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques, Ed Acta bot. Gallic, Pp : 401-412.
- ROLAND J. C., 2002.** Des plantes et des homes. Ed. Vuibert. Pp45-46.
- SANON A., GARBA M., AUGER J., et HUIGNARD J., 2002.** Activity of methylisothiocyanate on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). J. Stor. Prod. Res. 38: 129-138.
- SAPUNARU T., FILIPESCU C., GEORGESCUY T. et BILD V. C., 1999.** Bioecology and control of bean weevil (*Acanthoscelides obtectus* Say). Bioecology of bean weevil, 5-12p.

- SCHMALE I., WACKERS F. L., CARDONA C., DORN S., 2002.** Field infestation of *Phaseolus vulgaris* by *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera; Bruchidae). Parasitoid abundance and consequences for storage pest control. *Environmental Entomology* 31(5): 859-863.
- SEDDI H., SELLAH S., 2015.** Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles d'*Eucalyptus radiata* et de *Pinus sylvestris* à l'égard de la bruche du Haricot *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae) Mémoire de Magister en Agronomie.U.M.M.T.O. 48p.
- SERPEILLE A., 1991.** La bruche du haricot : un combat facile? Bulletin semences Ed: FNAMS, Paris. 116: 32-34.
- SILUE S., JACQUEMIN J .M . et BAUDOIN J. P., 2010.** Utilisation des mutations induites pour l'étude de l'embryogenèse chez le haricot *Phaseolus vulgaris* L. et deux plantes modèles, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. et *Zea mays* L. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(1) :195- 205.
- SINGH H. R. et TAYLOR T. A., 1978.** Pest of grains legumes ecology a-And control. Ed Singh S.R. Vaneden F. And Taylor T.A. Academic press, b-New York. 454p.
- SINGH S. P., 1999.** Improvement of small-seeded race Mesoamerica cultivars. In: Singh, S.P. ed. Common bean improvement in the twenty-first century. Kluwer Academic Publishers. Growing on freely drained soils of pH 6.5 in northern Tanzania. *Commune. Soil Sci. Plant Anal.* 23:787-792.
- SOUTHGATE B. J., 1979.** Biology of the Bruchidae. *Annu. Rev. Entomol.* 24 : 449-473.
- SUAMME, 2012.** Le haricot vert de plin champ Eléments techniques et économiques pour les zones de montagne sèche du Languedoc – Roussillon.
- STRONG D. R., LAWTON J. H., SOUTHWOOD T. R. E., 1984.** Insects on plants: Community Patterns and Mechanisms. Blackwell Science, Oxford, Royaume-Uni.
- TALEB-TOUDERT K., 2015.** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leur effet sur la bruche de niébé *Callosobruchus Maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Biologique. U.M.M.T.O. 160p.
- TOUAMI F. et ZERAR D., 2006.** Contribution à l'étude de l'activité biologique de l'huile essentielle de cèdre, de Jasmine, d'amande douce et de la lavande à l'égard de la bruche de niébé *C. maculatus*. F. (Coleoptéra: Bruchidae).64p
- TUDA M., 2007.** Applied evolutionary ecology of insects of the subfamily Bruchinae (Coleoptéra ; Chrysomelidae). *Appl. Entomol. Zool.* 42 (3): 337-346.

VANDEBORGHT T. et BAUDOIN J. P., 1998. La collection de base des espèces sauvages de Phaseolus et Vigna : historique, gestion et conservation. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2(1) : 27-35.

VANHUIS D., 1991. Biological method of Bruchid control in the tropic. *Areviewe insect scion. Applic.* 12 (1-2-3) : 87-102.

VELLE L., 2004. Inventaire des coléoptères de la réserve naturelle du Val d'Allier (Allier). 49p.

ZAGHOUANE O., 1997. La situation actuelle et les perspectives de développement des légumineuses en Algérie ; *Revue Céréaliculture.* 34 : 27-30.

Annexes

Annexe

Tableau 1. Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre longévité des d'A. *obtectus* traités avec l'huile essentielle de pin maritime.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	497,025	34	14,618				
Var. Facteur 1	478,239	4	119,56	349,476	0		
Var. Facteur 2	10,575	6	1,763	5,152	0,00163		
Var. Résiduelle 1	8,211	24	0,342			0,585	9,91%

Tableau 2. Résultats de test de NEWMAN et KEULS pour l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de pin maritime traité par contact sur la longévité des d'A. *obtectus*.

F1	Dose	Longévité moyenne en jours	GROUPES HOMOGENES			
1.0	d 0ul	8,929±0,324	A			
2.0	d 1ul	9,5±0,374	A			
3.0	d 6ul	7,893±0,223		B		
4.0	d 12ul	3,179±0,849			C	
5.0	d 18ul	0±0,594				D

Tableau 3. Résultats de test de NEWMAN et KEULS pour l'effet du facteur durée d'exposition de l'huile essentielle de pin maritime traité par contact sur la longévité des adultes d'A. *obtectus*.

F2	Jours	Longévité moyenne en jours	GROUPES HOMOGENES			
1.0	j1	6,85±1,10	A			
2.0	j2	6,2±0,206	A	B		
3.0	j3	6,05±0,231	A	B		
4.0	j4	5,9±0,173	A	B	C	
5.0	j5	5,8±0,298	A	B	C	
6.0	j6	5,6±0,387		B	C	
7.0	j7	4,9±0,677			C	

Tableau 4. Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre fécondité des femelles d'*A. obtectus* traités avec l'huile essentielle de pin maritime.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	40229,2	19	2117,326				
Var. Facteur 1	36082,7	4	9020,675	32,632	0		
Var. Résiduelle 1	4146,5	15	276,433			16,626	35,99%

Tableau 5. Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de pin maritime traité par contact sur la fécondité des femelles d'*A. obtectus*.

F1	Dose	Moyennes de la fécondité	GROUPES HOMOGENES		
1.0	d 0ul	101,25 ± 8,53	A		
2.0	d 1ul	87,5 ± 20,20	A		
3.0	d 6ul	42,25 ± 30,01		B	
4.0	d 12ul	0			C
5.0	d 18ul	0			C

Tableau 6. Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre éclosion d'œufs d'*A. obtectus* traités avec l'huile essentielle de pin maritime.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	20626,51	19	1085,606				
Var. Facteur 1	19759,35	4	4939,837	85,448	0		
Var. Résiduelle 1	867,166	15	57,811			7,603	20,80%

Tableau 7. Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de pin maritime traité par contact sur l'éclosion des œufs d'*A. obtectus*.

F1	Dose	Moyennes d'éclosion (%)	GROUPES HOMOGENES		
1.0	d 0ul	78,9± 9,99	A		
2.0	d 1ul	52,855 ± 12,28		B	
3.0	d 6ul	50,995 ± 6,18		B	
4.0	d 12ul	0			C
5.0	d 18ul	0			C

Tableau 8. Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre émergence des adultes d'*A. obtectus* traités avec l'huile essentielle de pin maritime

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	6096,111	19	320,848				
Var. Facteur 1	4419,691	4	1104,923	9,886	0,00044		
Var. Résiduelle 1	1676,42	15	111,761			10,572	58,28%

Tableau 9. Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de pin maritime traité par contact sur l'émergence des adultes d'*A. obtectus*.

F1	Dose	Moyennes d'émergence (%)	GROUPES HOMOGENES	
1.0	d 0ul	32,508 ± 22,329	A	
2.0	d 1ul	29,408 ± 4,892	A	
3.0	d 6ul	28,79 ± 6,023	A	
4.0	d 12ul	0		B
5.0	d 18ul	0		B

Tableau 10. Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre perte en poids des graines de *P. vulgaris* traités avec l'huile essentielle de pin maritime.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	185,521	19	9,764				
Var. Facteur 1	139,535	4	34,884	11,378	0,00022		
Var. Résiduelle 1	45,986	15	3,066			1,751	65,73%

Tableau 11. Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de pin maritime traité par contact sur la perte poids des graines du haricot.

F1	Dose	Moyennes Perte poids (%)	GROUPES HOMOGENES	
1.0	d 0ul	5,96 ± 3,296	A	
2.0	d 1ul	5,65 ± 1,47	A	
3.0	d 6ul	1,71 ± 1,517		B
5.0	d 18ul	0		B
4.0	d 12ul	0		B

Tableau 12. Analyse de la variance au seuil 5% pour le paramètre faculté germination des graines de *P. vulgaris* traités avec l'huile essentielle de pin maritime

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	3868,8	19	203,621				
Var. Facteur 1	3596,8	4	899,2	49,588	0		
Var. Résiduelle 1	272	15	18,133			4,258	4,86%

Tableau 13. Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de pin maritime traité par contact sur germination des graines du haricot.

F1	Dose	Moyennes Germination	GROUPE HOMOGENES	
5.0	d 18ul	97±5,033	A	
4.0	d 12ul	95±3,266	A	
3.0	d 6ul	93±6,831	A	
2.0	d 1ul	92±2	A	
1.0	d 0ul	61±2		B

Tableau 14. Analyse de la variance au seuil 5% pour les paramètres répulsifs des adultes d'*A. obtectus* traités avec l'huile essentielle de pin maritime.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	2480	19	130,526				
Var. Facteur 1	680	4	170	1,417	0,27604		
Var. Résiduelle 1	1800	15	120			10,954	11,65%

Tableau 15. Analyse de la variance au seuil 5% pour les paramètres mortalité des adultes d'*A. obtectus* traités avec l'huile essentielle de pin maritime.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	724,868	34	21,32				
Var. Facteur 1	127,582	4	31,896	9,254	0,00013		
Var. Facteur 2	514,568	6	85,761	24,883	0		
Var. Résiduelle 1	82,718	24	3,447			1,856	38,97%

Tableau 16. Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur dose de l'huile essentielle de pin maritime traité par inhalation sur mortalité des adultes d'A. obtectus.

F1	Dose	Moyennes d'mortalité (%)	GROUPES HOMOGENES	
4.0	d 12ul	6,036±0,972	A	
5.0	d 18ul	6,036±0,972	A	
3.0	d 6ul	5,571±0,868	A	
2.0	d 4ul	5,179±0,9	A	
1.0	d 0ul	1±3,214		B

Tableau 17. Résultats de test de NEWMAN et KEULS concernant l'effet de facteur Jours de l'huile essentielle de pin maritime traité par inhalation sur mortalité des adultes d'A. obtectus.

F2	Jours	Moyennes d'mortalité (%)	GROUPES HOMOGENES	
7.0	j7	8,65±0,982	A	
6.0	j6	8,35±1,625	A	
5.0	j5	8,05±1,712	A	
4.0	j4	7,2±1,733	A	
3.0	j3	0,7±1,739		B
2.0	j2	0,35±1,909		B
1.0	j1	0,05±2,124		B

Résumé

La présente étude a pour objet d'évaluer la toxicité par contact de l'huile essentielle extraite de la plante aromatique *Pinus pinaster* sur quelques paramètres biologiques de la bruches du haricot commun *Acanthoscelides obtectus* Say, et quelques paramètres agronomiques de la graine. Elle a été aussi testée par inhalation et par répulsion sur des adultes d'*A. obtectus* âgés de moins de 24h à 30°C et 70% HR.

Les résultats obtenus pour les paramètres étudiés indiquent que l'huile essentielle pin maritime exerce une toxicité importante vis-à-vis de bruche *A. obtectus*. Cette huile présente une activité insecticide très répulsive. Le traitement par inhalation s'est avéré plus efficace, à la plus forte dose de 12µl et 18µl nous avons enregistré une mortalité totale au bout de 24h d'exposition. Le traitement par contact a montré une mortalité totale au bout de 24h d'exposition à la plus forte dose de 18µl. L'huile essentielle de *Pinus pinaster* affecte fortement la fécondité des femelles qui est complètement inhibée à la dose de 12µl et 18µl, avec comme conséquence un effet important sur le taux d'éclosion et le taux d'émergence. Ces substances ont un effet protecteur des graines de haricot, puisque les pertes en poids enregistrées sont faibles aux plus fortes doses et le pouvoir germinatif des graines n'est pas affecté.

Il ressort de notre étude que l'huile essentielle de pin maritime présente des propriétés insecticides remarquables en exerçant un effet létal sur les adultes d'*A. obtectus* et un effet inhibiteur sur la reproduction en diminuant la fécondité de la bruche du haricot.

Mots-clés : *Acanthoscelides obtectus*, *Phaseolus vulgaris*, pin maritime, bioinsecticides, huiles essentielles.

Abstract

The present study aims to evaluate, the contact toxicity of the essential oil extracted from the aromatic plant *Pinus pinaster* upon the common bean beetle *Acanthoscelides obtectus* Say through its biological parameters (longevity, fertility, egg hatching and emergence) and some agronomical parameters of beans. The essential oil was also by fumigation and by repulsion realized on *A. obtectus* adults of 24h old reared at 30°C and 70% RH.

The results indicate that the essential oil used have a great toxicity against *A. obtectus* beetle. This oil exhibits a very repulsive insecticidal activity and results in a significant reduction in longevity compared to that of the control. Inhalation treatment was the most effective; at the highest dose of 12µl, 18µl we recorded total mortality after 24 hours of exposure. Female fecundity is completely inhibited at 12µl, 18µl of the essential oil influencing mainly egg hatching rates and adults viability. Using these biopesticides ensures protector effects of bean seeds treated since weight losses percentage decreased without affecting seed germination. Our investigation suggests that maritime pine essential oils have insecticide properties exerting lethal effects upon *A. obtectus* adults and female fecundity.

Keywords: *Acanthoscelides obtectus*, *Phaseolus vulgaris*, maritime pine, bioinsecticides, essential oils.